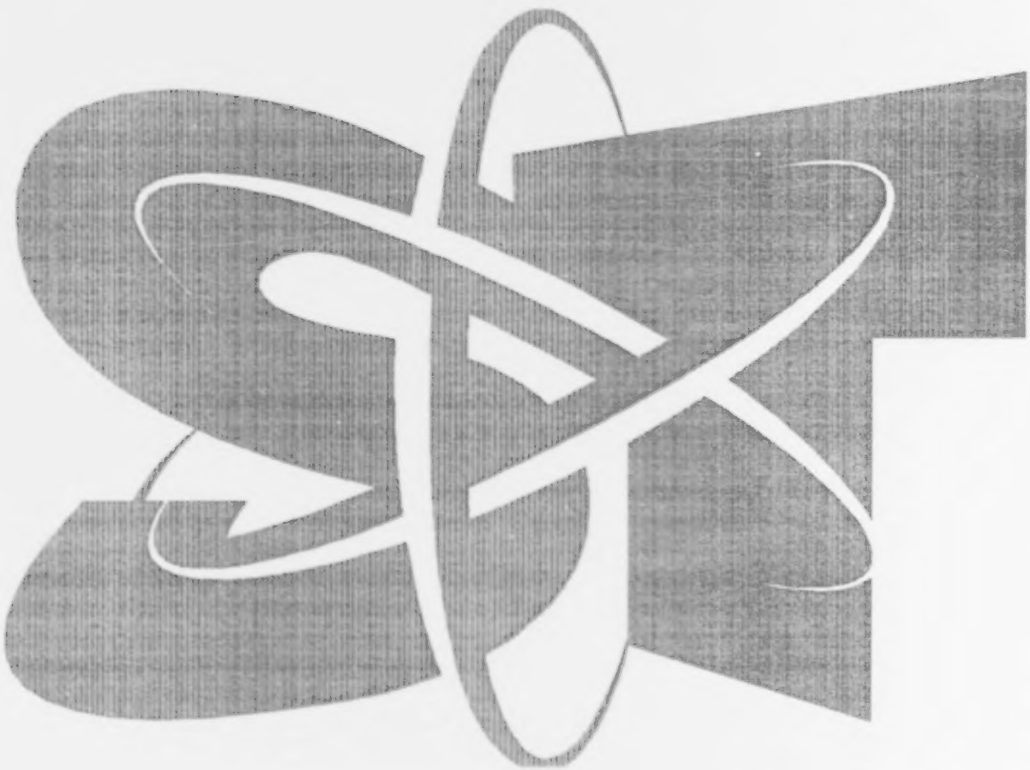
Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique

DOCUMENT DE RECHERCHE

MODÈLES D'UTILISATION DES TECHNOLOGIES DE FABRICATION DE POINTE (TFP) DANS L'INDUSTRIE CANADIENNE DE LA FABRICATION : Résultats de l'enquête de 1998

Anthony Arundel et Viki Sonntag

No. 12



Sciences & Technologies

Statistique Canada Statistics Canada

Canada

Modèles d'utilisation des technologies de fabrication de pointe (TFP) dans l'industrie canadienne de la fabrication :
Résultats de l'Enquête de 1998

Rapport final

Décembre 1999

Anthony Arundel
Viki Sonntag

MERIT

88F0017MIF No. 12

Le Programme d'information sur les sciences et l'innovation

Le programme vise à élaborer des **indicateurs utiles à l'égard de l'activité liée aux sciences et à la technologie** au Canada, dans un cadre les regroupant de manière cohérente. Pour atteindre l'objectif, des indicateurs statistiques sont en voie d'élaboration dans cinq grandes catégories :

- **Acteurs** : personnes et établissements engagés dans des activités de S-T. Au nombre des mesures prises, citons l'identification des participants en R-D et des universités qui accordent une licence pour l'utilisation de leurs technologies, ainsi que la détermination du domaine d'études des diplômés.
- **Activités** : comportent la création, la transmission et l'utilisation des connaissances en S-T, notamment la recherche et le développement, l'innovation et l'utilisation des technologies.
- **Liens** : moyen par lequel les connaissances en S-T sont communiquées aux intervenants. Au nombre des mesures, on compte l'acheminement des diplômés vers les industries, l'octroi à une entreprise d'une licence pour l'utilisation de la technologie d'une université, la copaternité de documents scientifiques, la source d'idées en matière d'innovation dans l'industrie.
- **Résultats** : résultats à moyen terme d'activités. Dans une entreprise, l'innovation peut entraîner la création d'emplois plus spécialisés. Dans une autre, l'adoption d'une nouvelle technologie peut mener à une plus grande part de marché.
- **Incidences** : répercussions à plus long terme des activités, du maillage et des conséquences. La téléphonie sans fil résulte d'activités, de maillage et de conséquences multiples. Elle présente une vaste gammes d'incidences économiques et sociales, comme l'augmentation de la connectivité.

Statistique Canada veille à l'élaboration actuelle et future de ces indicateurs, de concert avec d'autres ministères et organismes et un réseau d'entrepreneurs.

Avant la mise en route des travaux, les activités liées à la S-T étaient évaluées uniquement en fonction de l'investissement en ressources financières et humaines affectées au secteur de la recherche et du développement (R-D). Pour les administrations publiques, on ajoutait l'évaluation de l'activité scientifique connexe (ASC), comme les enquêtes et les essais courants. Cette évaluation donnait un aperçu limité des sciences et de la technologie au Canada. D'autres mesures s'imposaient pour améliorer le tableau.

L'innovation rend les entreprises concurrentielles, et nous poursuivons nos efforts pour comprendre les caractéristiques des entreprises novatrices et non novatrices, particulièrement dans le secteur des services, lequel domine l'économie canadienne. La capacité d'innover repose sur les personnes, et des mesures sont en voie d'élaboration au sujet des caractéristiques des personnes qui se trouvent dans les secteurs menant l'activité scientifique et technologique. Dans ces secteurs, des mesures sont en train d'être établies au sujet de la création et de la perte d'emplois en vue de cerner l'incidence des changements technologiques.

Le gouvernement fédéral est un intervenant clé en matière de sciences et de technologie, secteur dans lequel il investit plus de cinq milliards par année. Autrefois, on ne connaissait que les sommes dépensées par le gouvernement et l'objet de ces dépenses. Dans notre rapport, **Activités scientifiques fédérales, 1998 (Cat. nº 88-204)**, on publiait, au départ, des indicateurs d'objectifs socioéconomiques afin de préciser comment on dépensait les fonds affectés à la S-T. En plus de servir de fondement à un débat public sur les priorités en matière de dépenses gouvernementales, tous ces renseignements ont servi de contexte aux rapports de rendement de ministères et d'organismes individuels.

Depuis avril 1999, la Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique est responsable du programme.

La version finale du cadre servant de guide à l'élaboration future d'indicateurs a été publiée en décembre 1998 (**Activités et incidences des sciences et de la technologie - cadre conceptuel pour un système d'information statistique, Cat. n° 88-522**). Ce cadre a donné lieu à un **Plan stratégique quinquennal pour le développement d'un système d'information sur les sciences et la technologie** (**Cat. n° 88-523**).

On peut désormais transmettre des informations sur le système canadien des sciences et de la technologie et montrer le rôle du gouvernement fédéral dans ce système.

Nos documents de travail et de recherche sont accessibles sans frais à l'adresse du site Internet de Statistique Canada http://www.statcan.ca/cgi-bin/downpub/research_f.cgi?subject=193.

PERSONNES-RESSOURCES À CONTACTER POUR DE PLUS AMPLES INFORMATIONS

Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique

Directeur Dr. F.D. Gault (613-951-2198)

Directeur adjoint Brian Nemes (613-951-2530)
Directeur adjoint Paul McPhie (613-951-9038)

Programme d'information sur les sciences et la technologie

Chef, Développement des indicateurs
Dr. Frances Anderson (613-951-6307)

Chef, Indicateurs du savoir
Michael Bordt (613-951-8585)

Chef, Innovation
Daood Hamdani (613-951-3490)

Chef, Section des sciences de la vie
Antoine Rose (613-951-9919)

Section des enquêtes des sciences et de l'innovation

Chef
Bert Plaus (613-951-6347)

Télécopieur: (613-951-9920)

Documents de recherche

Les Documents de recherche publient des travaux relatifs aux questions liées à la science et la technologie. Tous les documents sont sujets à un contrôle interne. Les opinions exprimées dans les articles sont celles des auteurs et ne sont pas nécessairement partagées par Statistique Canada.

Résumé

L'*Enquête sur les technologies de pointe dans l'industrie canadienne de la fabrication de 1998* de Statistique Canada porte sur l'utilisation présente et future de 26 Technologies de fabrication de pointe (TFP) au niveau de l'établissement. Des données additionnelles ont été obtenues sur une gamme variée de facteurs qui pourraient influer sur l'utilisation des TFP. Les questionnaires ont été envoyés à un échantillon de 3 757 usines de fabrication comptant plus de 10 employés. Au total, 3 702 usines ont répondu, ce qui constitue un taux de réponse de 99,5 %. Les résultats fournis ci-dessous sont pondérés pour représenter la distribution des usines de fabrication au Canada.

Au total, 76 % des usines de fabrication ont utilisé au moins une TFP en 1998, comparativement à un tiers des usines en 1993. Le pourcentage d'usines qui ont utilisé cinq TFP ou plus est passé de 14 % en 1989 à 46 % en 1998.

La majorité de la croissance prévue de l'utilisation des TFP au cours des deux prochaines années devrait découler de l'adoption de nouveaux types de TFP par les usines qui en utilisent déjà. On ne s'attend pas à une augmentation importante de l'utilisation des TFP par suite de l'adoption de TFP par des usines qui n'en utilisent pas actuellement.

Le nombre moyen des diverses TFP utilisées augmente selon le nombre d'employés de l'usine, et va de 3,8 pour les usines qui comptent de 10 à 49 employés, à 12,8 pour celles qui comptent plus de 250 employés. Le pourcentage d'usines qui prévoient adopter un nouveau type de TFP d'ici deux ans augmente aussi selon la taille de l'usine, allant de 69 % des utilisateurs actuels de TFP qui comptent de 10 à 49 employés, à 81 % des utilisateurs actuels qui comptent plus de 250 employés.

Le type de système de production utilisé par l'usine a une influence considérable sur le nombre de TFP utilisées et sur les résultats de cette utilisation. Les taux d'utilisation des TFP sont les plus élevés dans les usines des secteurs d'ingénierie de pièces distinctes à forte valeur ajoutée, comme la machinerie et le matériel de transport.

Parmi les 26 TFP comprises dans l'enquête, 9 sont « à maturité ». Ces TFP ont des taux d'adoption et d'application supérieurs à la moyenne dans la plupart des secteurs de la fabrication. Elles sont aussi relativement simples à mettre en œuvre. Il convient de noter que 17 % des usines n'utilisent que des TFP à maturité.

Les usines sous contrôle étranger utilisent en moyenne 7,9 TFP, comparativement à 4,9 TFP dans les usines sous contrôle canadien. Toutefois, une partie des taux d'utilisation plus élevés dans les usines sous contrôle étranger vient du fait que ces usines sont plus importantes et qu'elles sont plus susceptibles de faire partie d'une chaîne d'usines que les usines sous contrôle canadien. Il existe une corrélation importante et positive entre le nombre de sources d'information citées et l'utilisation des TFP, ce qui laisse supposer que le recours à des sources d'information diversifiées joue un rôle important quant à l'adoption des TFP. L'utilisation des sources d'information varie selon la taille de l'usine, mais les petites usines n'utilisent pas de sources différentes – elles sont simplement moins susceptibles de les utiliser toutes.

Les capacités internes d'une usine constituent un facteur important à l'égard des modèles d'utilisation des TFP. Les taux d'adoption des TFP augmentent parallèlement aux capacités de R-D de l'entreprise de contrôle. Les entreprises dont la R-D se limite aux produits adoptent moins de TFP que les entreprises dont la R-D touche les procédés. De même, les méthodes utilisées par les usines pour introduire les TFP ont un effet marqué sur le taux d'adoption des TFP. Les taux d'adoption des TFP sont plus faibles dans les usines qui se limitent à acheter des TFP disponibles dans le commerce ou à produire des TFP sous licence que dans les usines qui peuvent personnaliser ou mettre au point des TFP. Les usines qui se limitent à acheter des TFP disponibles dans le commerce ou à les produire sous licence sont trois fois plus nombreuses à n'utiliser que des TFP à maturité.

Les petites usines sont plus nombreuses que les grandes à indiquer la petite taille du marché, le coût élevé du matériel et la pénurie de compétences comme des obstacles à l'utilisation des TFP.

Deux mesures de l'utilisation des TFP ont été analysées au moyen de la régression multivariée : le pourcentage des dépenses totales en matériel et outillage qui a été consacré aux TFP au cours des trois années précédentes (proportion d'investissement) et les plans d'adoption d'un ou de plusieurs nouveaux types de TFP au cours des deux années suivantes. Ces régressions ont permis d'évaluer les déterminants de l'utilisation des TFP. Les principaux résultats sont les suivants.

- Les dépenses au cours des trois années précédentes ont l'influence la plus marquée de toutes les variables sur l'utilisation prévue par les utilisateurs actuels de TFP. Les usines qui ont des niveaux élevés de dépenses sont plus de cinq fois plus susceptibles d'adopter une autre TFP que celles qui n'ont rien investi dans les TFP. Ce résultat fait ressortir l'importance de l'apprentissage par l'usage et de l'apprentissage par la pratique en ce qui a trait au développement des capacités internes d'adoption, de mise en œuvre et de gestion des TFP.
- Comparativement aux entreprises qui n'ont pas de capacités de R-D, celles qui ont des capacités internes de R-D investissent moins dans les TFP, tandis que celles dont la R-D est effectuée à contrat ou occasionnellement investissent davantage. De même, dans le cas des petites usines, les capacités internes de développement au niveau de l'usine diminuent les proportions d'investissement. Cela peut s'expliquer par le fait que les capacités internes entraînent une réduction des coûts, ce qui a pour effet de diminuer la proportion d'investissement dans les TFP.
- La pénurie de compétences augmente les proportions d'investissement dans les TFP et la probabilité d'adopter un nouveau type de TFP. Cela laisse supposer que la pénurie de compétences entraîne une augmentation des coûts, mais qu'elle n'empêche pas les usines d'acquérir de nouvelles TFP. Le manque de soutien technique de la part des fournisseurs diminue la probabilité qu'une usine adopte une nouvelle TFP et entraîne aussi une augmentation des proportions d'investissement. Ces résultats montrent que le manque de soutien technique constitue un obstacle plus grave que la pénurie de compétences.
- Les analyses par régression de l'adoption prévue d'un nouveau type de TFP montrent que plusieurs des facteurs qui comportent une corrélation avec l'incidence et l'intensité d'utilisation des TFP sont aussi des déterminants de l'adoption future des TFP. Ces facteurs comprennent la taille de l'usine, le système de production et le contrôle étranger.

- Des indicateurs des capacités internes, comme les investissements passés, le rendement en matière de R-D au niveau de l'entreprise et la capacité de mettre au point des TFP au niveau de l'usine, entraînent tous une augmentation de la probabilité que des TFP soient adoptées.
- Le rôle de la concurrence est complexe. La concurrence, qui est mesurée par le nombre de concurrents, entraînent une augmentation constante des proportions d'investissement dans les TFP, mais une trop grande concurrence diminue la probabilité de l'adoption future de TFP par les utilisateurs actuels, même si elle augmente la probabilité d'adoption par les non-utilisateurs.
- Il existe très peu de différences entre les petites usines et l'ensemble des usines quant aux facteurs qui influent sur la probabilité d'adoption d'une nouvelle TFP.

Des facteurs environnementaux, comme la présence de plusieurs obstacles à l'utilisation des TFP, la pénurie d'employés qualifiés et le nombre de concurrents, semblent jouer un rôle moins important quant à l'adoption des TFP que les capacités internes de l'usine ou de l'entreprise. Au fur et à mesure de l'augmentation de la prévalence de l'adoption des TFP, les capacités internes de l'usine pourraient jouer un rôle de plus en plus central quant à l'utilisation réussie des TFP.

Au cours de la dernière décennie, on a assisté à des transformations technologiques majeures dans le secteur canadien de la fabrication, celui-ci étant passé de méthodes de production conventionnelles, à des méthodes fondées sur l'informatique et la microélectronique. La présente étude a permis de démontrer que nombre des facteurs qui comportant une corrélation avec les TFP sont similaires à ceux dont il est fait état dans d'autres études. Toutefois, certains des résultats laissent supposer que l'importance relative de certains facteurs pourrait changer au fil des ans. Au fur et à mesure de l'augmentation de la prévalence de l'adoption des TFP, la taille de l'usine pourrait devenir un déterminant moins important de l'utilisation. La pénurie de compétences semble aussi perdre de l'importance par rapport aux enquêtes précédentes. Par ailleurs, les capacités internes de l'usine pourraient jouer un rôle central de plus en plus important, au fur et à mesure de l'augmentation de la prévalence de l'utilisation de TFP multiples.

Table des matières

1 Introduction 1
1.1 Organisation du rapport 1
1.2 Sommaire des recherches antérieures sur les TFP 2
2 Cadre d'analyse 4
2.1 Méthodes statistiques 4
2.2 Indicateurs de base de l'utilisation des TFP 5
3 Prévalence de l'utilisation des TFP au Canada en 1998 7
3.1 Taux d'utilisation des différentes TFP 8
3.2 Conclusions 10
4 Facteurs liés à la technologie 11
4.1 Maturité de la technologie 11
4.1.2 Indicateur de la maturité 11
4.2 Branche d'activité et système de production 14
4.2.1 Indicateur du système de production 15
4.2.2 Utilisation des TFP selon le type de système de production 16
4.3 Conclusions 17
5 Facteurs au niveau de l'usine 18
5.1 Taille de l'usine 18
5.1.1 Utilisation des TFP selon la taille de l'usine 18
5.1.2 Adoption prévue 19
5.2 Type de propriété 20
5.3 Situation du point de vue des exportations 21
5.4 Conclusions 22
6 Facteurs liés à la gestion 23
6.1 Sources d'information externes et internes 23
6.1.1 Taux d'utilisation des TFP selon les sources d'information externes 24
6.1.2 Taux d'utilisation des TFP selon les sources d'information internes 26
6.1.3 Utilisation des TFP selon le nombre de sources d'information 27
6.2 Formation 29
6.3 Capacités de R-D 30
6.4 Méthode d'introduction des TFP 32
6.5 Stratégies de l'entreprise 36
6.6 Pratiques de pointe 39
6.6.1 Utilisation des TFP selon la pratique de pointe 41
6.7 Conclusions 42
7 Facteurs environnementaux 45
7.1 Pénuries d'employés qualifiés 45
7.2 Obstacles à l'utilisation des TFP 46
7.3 Niveau de concurrence 49
7.4 Conclusions 52

8 Résultats de l'utilisation des TFP 54
8.1 Compétitivité autodéclarée en matière de technologie de production 54
8.2 Utilisation des TFP et résultats du point de vue du rendement 55
8.3 Conclusions 57
9 Utilisation prévue et investissement dans les TFP 58
9.1 Analyses par régression de l'investissement dans les TFP et de l'utilisation prévue 58
9.1.1 Modèles de régression 58
9.1.2 Variables indépendantes 60
9.1.3 Limites du modèle et des variables 62
9.2 Investissement dans les TFP 62
9.3 Utilisation prévue des TFP d'ici deux ans 66
9.4 Conclusions 70
10 Conclusions 72
10.1 Facteurs importants touchant l'utilisation des TFP 72
10.2 Observations finales 75
11 Bibliographie 76

Acronymes

AEF :	Analyse par éléments finis
CAO :	Conception assistée par ordinateur
CAOU :	Changeur automatique d'outil
CFA :	Conception pour fabrication et assemblage
CFF :	Cellules de fabrication flexible
CN :	Commande numérique
CNO :	Commande numérique par ordinateur
CSP :	Contrôle statistique des processus
CSQ :	Contrôle statistique de la qualité
DFQ :	Déploiement de la fonction qualité
EC :	En-cours
EDI :	Échange de documents informatisés
EE :	Électroérosion
FAO :	Fabrication assistée par ordinateur
FC :	Fabrication cellulaire
GDP :	Gestion des données de produit
IA :	Intelligence artificielle
IAO :	Ingénierie assistée par ordinateur
ISO :	Organisation internationale de normalisation
JAT :	Juste à temps
MMC :	Machine de mesure des coordonnées
PBM :	Planification des besoins de matières
PPAO :	Planification des processus assistée par ordinateur
PRD :	Planification des ressources de distribution
PRE :	Planification des ressources de l'entreprise
PRF :	Planification des ressources de fabrication
PV :	Prototypage virtuel
QEC :	Qualité économique de commande
SACD :	Système d'acquisition et de contrôle des données
SBC :	Systèmes à base de connaissances
SEF :	Système d'exécution de la fabrication
SFF :	Système de fabrication flexible
SID :	Système d'information pour la direction
SM :	Système de manutention
SMA :	Stockage mécanisé automatisé
SPR :	Système de prototypage rapide
TDC :	Théorie des contraintes
UGV :	Usinage à grande vitesse
VAG :	Véhicule autoguidé

1 Introduction

L'utilisation des technologies de fabrication de pointe est devenue une mesure essentielle de la capacité technologique dans les économies industrielles modernes. Du fait qu'elle augmente la productivité du secteur de la fabrication et qu'elle ouvre de nouveaux débouchés, la diffusion des technologies de fabrication de pointe (TFP) a des retombées dans l'ensemble de l'économie. C'est donc dire que la connaissance des éléments qui influent sur l'utilisation des TFP peut contribuer à bâtir une économie plus vigoureuse.

Le présent rapport présente les résultats d'une analyse de l'*Enquête sur les technologies de pointe dans l'industrie canadienne de la fabrication de 1998*, qui a été effectuée par Statistique Canada. L'enquête porte sur l'utilisation et l'utilisation prévue de 26 TFP au niveau de l'établissement. Des données additionnelles ont été obtenues au sujet des besoins de compétences, des méthodes de mise au point des technologies de pointe, des résultats de l'adoption des technologies de pointe, des obstacles à l'adoption et des activités de R-D des entreprises.

L'analyse met l'accent sur la détermination des modèles d'utilisation des technologies par les usines du secteur de la fabrication. Elle repose sur des recherches antérieures sur les TFP au Canada[1] et à l'étranger. Les recherches sur les facteurs qui comportent une corrélation avec l'utilisation des technologies permettent d'améliorer l'efficacité des programmes de développement économique et de modernisation de l'industrie, du fait qu'elles favorisent une meilleure compréhension des raisons des écarts qui existent entre les usines quant à l'utilisation des technologies. Les gestionnaires d'entreprise peuvent aussi profiter de la connaissance des facteurs qui contribuent à l'adoption et à la mise en œuvre réussies des TFP.

L'Enquête de 1998 fait suite à des enquêtes similaires effectuées en 1989 et 1993 par Statistique Canada. Depuis la première enquête en 1989, le secteur canadien de la fabrication est passé de machines conventionnelles à des technologies de fabrication axées sur l'informatique et la microélectronique. Cela signifie que les fabricants canadiens font face aujourd'hui à des défis différents de ceux d'il y a dix ans, lorsque la majorité des usines au Canada n'avaient pas encore adopté leurs premières TFP. Les résultats de l'Enquête de 1998 font ressortir l'importance croissante du développement de capacités internes d'adoption, de mise en œuvre et de gestion des TFP, comme facteurs essentiels de succès.

1.1 Organisation du rapport

Le présent rapport analyse les facteurs qui comportent une corrélation avec l'utilisation des technologies et compare les résultats aux conclusions des recherches antérieures. L'organisation du rapport rend compte de la répartition de ces facteurs en cinq catégories, à savoir :

- *facteurs liés à la technologie*, par exemple, maturité technologique et type de système de production;
- *facteurs au niveau de l'usine*, par exemple, taille de l'usine et type de propriété;

[1] Voir Baldwin et Diverty, 1995; Baldwin, Diverty et Sabourin, 1995; Baldwin et Sabourin, 1995; Baldwin, Sabourin et Rafiquzzaman, 1996; Baldwin et Sabourin, 1999; Baldwin et Lin, 1999; Baldwin, Rama et Sabourin, 1999.

- *facteurs liés à la gestion*, par exemple, stratégies et capacités de R-D de l'entreprise, qui rendent compte des politiques et des pratiques de gestion;
- *facteurs environnementaux*, c'est-à-dire, influences extérieures à l'usine, comme la disponibilité d'employés qualifiés.

Chacune de ces catégories fait l'objet d'un chapitre distinct (chapitres 4 à 7). Le chapitre 9 examine les effets de certains facteurs en rapport avec l'investissement dans les TFP au cours des trois années précédentes et les plans d'adoption des TFP pour les deux années suivantes. D'autres chapitres abordent la méthode d'analyse, les indicateurs de base de l'utilisation des TFP et les avantages déclarés de l'utilisation des TFP.

1.2 Sommaire des recherches antérieures sur les TFP

Des facteurs sociaux, économiques et structuraux complexes influent sur la décision d'adopter de nouvelles technologies de fabrication. Le tableau 1.1 résume les conclusions de documents spécialisés sur les effets de plusieurs facteurs dont on a déterminé qu'ils ont une influence sur l'utilisation des TFP.

Tableau 1.1 Sommaire des recherches antérieures sur les facteurs liés à l'utilisation des TFP

Facteur	Description des effets
Taille de l'usine	Les petites usines sont plus lentes à adopter et à utiliser un nombre plus restreint de TFP que les grandes usines.
Présence de plusieurs usines	Les usines qui appartiennent à des entreprises qui en comptent plusieurs sont plus susceptibles d'utiliser des TFP que les usines autonomes.
Pays de contrôle	Les usines sous contrôle étranger ont des taux d'utilisation des TFP plus élevés que les usines canadiennes.
Situation du point de vue des exportations	Les usines exportatrices utilisent davantage de TFP que les usines qui vendent sur les marchés intérieurs.
Branche d'activité	Le taux d'utilisation des TFP varie selon la branche d'activité.
Expérience antérieure des TFP	L'utilisation antérieure de TFP augmente la probabilité d'adoption d'autres TFP.
Expertise interne	L'expertise liée à la production facilite l'adoption des TFP.
Pratiques organisationnelles	Des pratiques organisationnelles de pointe sont des compléments importants à l'utilisation des TFP.
Réseau externe	Des liens avec des ressources techniques externes augmentent le taux d'adoption.
Proximité des centres urbains	Les usines en milieu urbain sont plus susceptibles d'adopter des TFP que les usines en milieu rural.
Maturité de la technologie	Après une étape de diffusion initiale lente, les taux d'adoption des différentes TFP ont d'abord tendance à s'accélérer, puis ralentissent lorsque les marchés arrivent à saturation.
Coût des TFP	Le coût élevé du matériel lié aux TFP constitue un obstacle important à l'adoption.

Dans le cadre de toutes les études empiriques antérieures, la taille de l'usine a constitué la variable dominante pour les prévisions de l'adoption de la technologie[2]. Les petites entreprises, qui sont pénalisées par un manque de ressources financières et techniques, tirent de l'arrière par rapport aux grandes entreprises quant à l'adoption des TFP. L'influence de la branche d'activité et de la structure du marché se reflète dans plusieurs autres caractéristiques de l'usine, outre la taille. Les exportations, l'appartenance à une entreprise comportant plusieurs usines, le contrôle étranger et la proximité des centres urbains a aussi pour effet d'augmenter l'utilisation des TFP, même si la taille de l'usine semble réduire l'influence de ces variables. L'utilisation des TFP varie aussi selon le secteur d'activité de l'usine, mais il n'existe pas d'explication largement reconnue pour ce modèle d'écart.

Les chercheurs ont évalué une gamme variée d'obstacles à l'adoption des technologies[3]. Les répondants de l'enquête citent la pénurie de compétences et le manque d'expertise en matière de TFP comme les principaux obstacles, même si dans le cadre des études nord-américaines récentes, la disponibilité de travailleurs qualifiés semble poser moins de problèmes, tandis que le besoin d'expérience de production liée aux TFP, particulièrement au cours de l'étape de mise en œuvre d'un projet, prend de plus en plus d'importance. Par ailleurs, étant donné que la croissance de l'utilisation des TFP touche principalement les entreprises qui ont déjà adopté au moins une TFP, les problèmes liés à la mise en œuvre reçoivent plus d'attention de la part des chercheurs et sont maintenant perçus comme des facteurs essentiels de l'intensité d'utilisation des TFP. Le coût des TFP constitue un autre obstacle, y compris le coût d'évaluation et d'intégration des nouvelles technologies. On a déterminé que le coût élevé des TFP ralentit l'adoption.

D'autres facteurs liés aux ressources peuvent influer sur l'utilisation des TFP. L'organisation des ressources techniques internes peut nuire à l'utilisation des TFP ou la favoriser. Des pratiques qui favorisent l'intégration de différentes fonctions organisationnelles, comme la conception technique simultanée et les équipes multifonctionnelles de concepteurs, servent de complément à l'utilisation des TFP. De même, l'établissement de liens avec des ressources et des sources d'information externes favorise l'adoption des TFP.

La maturité des TFP a aussi une influence sur l'adoption de celles-ci. Cela est pris en compte de façon implicite au moment de l'élaboration des questionnaires d'enquête, qui englobent les TFP émergentes et laissent de côté les TFP plus anciennes, qui sont largement utilisées.

---

[2] Voir Fortier et coll., 1993; Northcott et Vickery, Shapira et Rephann, 1996; Kelley et Helper, 1997; Baldwin et Sabourin, 1999.

[3] Voir Northcott et Vickery, 1993; Baldwin et coll., 1996; OCDE, 1997; McGranahan, 1998; Millen et Sohal, 1998; Baldwin et Lin, 1999.

2 Cadre d'analyse

Les questionnaires de l'Enquête de 1998 ont été envoyés à un échantillon aléatoire de 3 757 usines de fabrication comptant plus de 10 employés. Au total, 3 702 usines ont répondu, soit un taux de réponse de 99,5 %[4]. Les résultats fournissent des données transversales sur l'utilisation des TFP et les caractéristiques des usines en 1998 ou sur une période de trois ans précédant 1998.

Le présent rapport comporte à la fois des résultats descriptifs et des résultats de la régression multivariée. Tous les résultats sont pondérés selon l'inverse des fractions d'échantillonnage, en vue d'estimer la situation de toutes les usines de fabrication au Canada qui comptent plus de 10 employés. Les différences statistiques quant aux taux d'utilisation des TFP sont calculées après normalisation des résultats pondérés selon la taille de l'échantillon original.

2.1 Méthodes statistiques

Le questionnaire de l'Enquête de 1998 utilise deux catégories principales de réponses : réponses par « oui » ou par « non » et échelle ordinale d'importance de 1 (faible importance) à 5 (importance élevée). Les catégories ordinales sont utilisées dans trois principaux groupes de questions : stratégies de l'entreprise, résultats de l'adoption des TFP et obstacles à l'adoption.

Il existe deux options pour déterminer la fréquence des réponses aux questions ordinales. L'une consiste à calculer le pointage extrême, ou le pourcentage de répondants ayant donné une note de 4 ou 5, 5 correspondant au niveau d'importance le plus élevé. L'autre option consiste à présenter les fréquences les « plus importantes ». Cela permet d'obtenir le pourcentage de répondants qui ont attribué la note la plus élevée à une sous-question particulière. Les deux méthodes peuvent faire l'objet de biais du fait de deux problèmes.

Tout d'abord, les petites usines ont tendance à accorder une note moyenne inférieure à toutes les sous-questions. Ce problème peut être évité grâce à l'utilisation du pointage « le plus important ». En deuxième lieu, certains répondants accordent la même note à toutes les sous-questions d'un groupe de questions. Certaines réponses seront valides, mais un pourcentage indéterminé d'entre elles sera attribuable à l'absence d'évaluation soigneuse de chacune des sous-questions. Malheureusement, ces dernières réponses peuvent entraîner une distorsion grave des résultats, à la fois pour les pointages extrêmes et les pointages les plus importants.

Des analyses préliminaires montrent que les résultats les moins biaisés ont été obtenus à partir des pointages extrêmes pour les questions sur les résultats et les obstacles relatifs à l'adoption des TFP, ainsi que des pointages les plus importants pour les stratégies de l'entreprise. Lorsque cela est pertinent, un indicateur de la robustesse des résultats est fourni. Nous partons du principe que les résultats sont robustes s'ils sont statistiquement significatifs et s'ils suivent la même direction dans les quatre analyses : le pointage le plus important, lorsque sont exclus et inclus les répondants qui ont accordé la même note, et les pointages extrêmes, lorsque sont inclus et exclus les répondants qui ont accordé la même note.

[4] Sabourin et Beckstead (1999) fournissent plus de détails sur la méthodologie de l'enquête ainsi qu'un sommaire de statistiques descriptives.

Des études antérieures de l'utilisation des TFP au Canada ont utilisé des modèles logistiques pour évaluer les facteurs qui comportent une corrélation avec l'utilisation d'une TFP ou plus[5]. Ces analyses ne sont pas reprises dans le présent rapport, parce que la majorité des usines en 1998 utilisaient au moins une TFP. L'adoption large d'au moins une TFP réduit l'intérêt stratégique à l'égard des facteurs liés à cette mesure de l'utilisation des TFP.

Par ailleurs, des techniques multivariées peuvent être utilisées pour examiner les effets de plusieurs facteurs sur le nombre de TFP utilisées. Toutefois, l'interprétation de ces modèles est grandement restreinte du fait que l'Enquête de 1998 ne recueille pas de données sur le moment de l'adoption des TFP – cette adoption ayant pu se produire trois mois ou dix ans avant l'enquête. Cela signifie que la situation de l'usine, par exemple, le type de propriété ou le nombre d'employés, a pu changer de façon substantielle après l'adoption. Par conséquent, nous ne savons pas si un facteur comme la taille actuelle de l'usine peut avoir influé sur le nombre de TFP utilisées.

L'Enquête de 1998 comprend deux questions qui posent moins de problèmes du point de vue de la régression multivariée, même si elles comportent des limites. La première a trait au pourcentage des dépenses en matériel et outillage consacrées par l'usine au matériel de pointe, tandis que la deuxième a trait à l'adoption prévue d'ici deux ans. Dans toutes les régressions, des variables indépendantes fondées sur des questions ordinales sont codées 1 lorsque le répondant attribue une note de 4 ou 5 à la variable sur une échelle à cinq points, et zéro autrement.

2.2 Indicateurs de base de l'utilisation des TFP

Les cinq indicateurs de base des TFP utilisés dans la présente étude figurent au tableau 2.1. Ces indicateurs ont été choisis pour faciliter les comparaisons avec les recherches antérieures et pour élargir l'interprétation des modèles d'utilisation des TFP.

On n'a pas eu recours à l'indicateur correspondant au pourcentage d'usines qui n'ont utilisé que des TFP à maturité (décrites au chapitre 4) dans le cadre des études précédentes. Une TFP à maturité en est une qui a atteint un niveau relativement élevé de pénétration dans la plupart des branches d'activité. Il est probable que les entreprises qui n'utilisent que des TFP à maturité auront besoin d'un niveau plus faible de capacités technologiques.

[5] Voir Baldwin et Sabourin, 1999.

Tableau 2.1 Indicateurs de base de l'utilisation des TFP

Indicateur de l'utilisation par l'usine	Utilisation antérieure
Pourcentage utilisant une TFP ou plus[1]	Indicateur le plus largement utilisé.
Pourcentage utilisant 5 TFP ou plus	Largement utilisé comme indicateur d'une utilisation plus intensive des TFP.
Pourcentage n'utilisant que des TFP[2] à maturité	Nouveau.
Pourcentage dont l'investissement dans les TFP est supérieur à 25 % au cours des 3 années précédentes	S'apparente à la mesure de l'intensité utilisée dans le cadre de l'enquête de 1993 (Baldwin et Sabourin, 1995).
Nombre moyen de TFP utilisées	Largement utilisé. Les résultats dépendent du nombre et du type de TFP inclus dans l'enquête.

1. Comprend les 26 TFP énumérées dans l'Enquête de 1998. Voir l'annexe A pour les définitions de l'enquête.
2. Comprend 9 des 26 TFP : CAO/IAO, CAO/FAO, échange électronique de fichiers CAO, APC, RL, réseaux informatiques élargis, réseaux informatiques interentreprises, ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'usine, et utilisation de données d'inspection pour le contrôle de la production.

Les indicateurs de base de l'utilisation des TFP comportent plusieurs limites.

- Ils ne nous renseignent pas sur l'ampleur ou l'intensité de l'utilisation. Nous ne savons pas à quelle fréquence chacune des TFP est utilisée, ni si une usine compte une ou plusieurs unités de la même TFP.
- Ils mesurent les taux de pénétration par opposition aux taux de diffusion (Fortier et coll., 1993). Les taux de pénétration ne tiennent pas compte de la pertinence des technologies pour l'ensemble de la population visée par l'enquête, tandis que les taux de diffusion indiquent le nombre d'utilisateurs uniquement dans le cas des entreprises où la technologie a des applications possibles.
- Les indicateurs ne tiennent pas compte des TFP qui en remplacent d'autres au fil des ans.

3 Prévalence de l'utilisation des TFP au Canada en 1998

Le tableau 3.1 montre la prévalence de l'utilisation des TFP pour l'ensemble de la population des usines canadiennes de fabrication en 1998. En outre, le tableau fournit des estimations pondérées selon la valeur ajoutée, l'emploi et les livraisons dans le secteur de la fabrication en 1995[6].

Tableau 3.1 Prévalence de l'utilisation des TFP dans toutes les usines de fabrication en 1998

Indicateur de l'utilisation des TFP	Usines	Emploi dans le secteur de la fabrication[2]	Valeur ajoutée dans le secteur de la fabrication[2]	Livraisons dans le secteur de la fabrication[2]
Utilisation d'une TFP quelconque	76 %	92 %	96 %	97 %
Utilisation de 5 TFP ou plus	46 %	76 %	87 %	88 %
Utilisation de TFP à maturité seulement	17 %	10 %	7 %	6 %
Investissement dans les TFP > 25 %[1]	27 %	33 %	31 %	33 %
Nombre moyen de TFP utilisées	5,2	—	—	—

1: Plus de 25 % des dépenses totales en matériel et outillage au cours des 3 années précédentes consacrées aux TFP.
2: À partir des données de 1995 pour 2 950 usines[7]. Les résultats maintiennent la pondération sur la base de l'établissement et sont calculés en proportion, par exemple, de l'emploi total pour toutes les usines qui utilisent au moins une TFP par rapport à l'emploi total pour toutes les usines.

Au total, 76 % des usines ont utilisées au moins une TFP en 1998, comparativement à un tiers des usines en 1993 (Baldwin et Sabourin, 1995). Le pourcentage d'usines qui utilisent cinq technologies ou plus a augmenté, passant de 14 % en 1989 au taux d'utilisation actuel de 46 %. Il convient de noter que 17 % des usines n'utilisent que des TFP à maturité.

Les usines qui utilisent au moins une TFP représentent plus de 90 % de l'emploi, de la valeur ajoutée et des livraisons dans le secteur de la fabrication. La différence entre le pourcentage d'usines qui utilisent des TFP et le pourcentage de l'emploi, de la valeur ajoutée et des livraisons que représentent ces usines peut s'expliquer par la distribution de la taille des usines de fabrication au Canada et par la corrélation positive entre la taille de l'usine et l'utilisation de TFP. On estime à 68 % la proportion d'usines de fabrication qui compte de 10 à 49 employés. Ces petites usines ont le plus faible taux d'utilisation des TFP et contribuent à une fraction beaucoup plus petite de la valeur ajoutée et des livraisons que les grandes usines de fabrication.

[6] Les livraisons dans le secteur de la fabrication correspondent au prix total des livraisons de tous les biens produits par l'usine en 1995. La valeur ajoutée est égale à la différence entre les prix des livraisons et le coût de tous les intrants autres que la main-d'œuvre, et constitue une mesure de la valeur ajoutée additionnelle de l'usine. On ne disposait pas de données plus récentes sur l'emploi, la valeur ajoutée et les livraisons au moment de l'étude. Étant donné que l'emploi dans le secteur de la fabrication a augmenté entre 1995 et 1998, cela entraînera des erreurs dans ces estimations.

[7] L'utilisation des TFP est légèrement plus faible dans le cas des 2 950 usines pour lesquelles des données sont disponibles.

On peut tirer deux conclusions principales du tableau 3.1. Tout d'abord, les estimations de l'utilisation des TFP sur la base de l'usine sous-estiment le rôle réel des TFP à l'égard de la production. Cela crée des problèmes de comparaison quant à l'utilisation des TFP entre les pays ou les régions qui comportent des distributions de tailles d'usine différentes. Dans ces cas, on devrait utiliser la pondération selon l'emploi ou évaluer les différences à l'intérieur de catégories de taille particulières. La deuxième conclusion est que l'utilisation d'au moins une TFP atteint un niveau de saturation. Cela signifie que l'analyse devrait passer des déterminants de l'utilisation d'une TFP à une analyse de l'intensité de l'utilisation des TFP, c'est-à-dire des facteurs qui incitent les usines à utiliser des TFP multiples.

3.1 Taux d'utilisation des différentes TFP

Le tableau 3.2 fournit les taux d'utilisation de chacune des 26 TFP, ainsi que le pourcentage d'usines qui prévoient adopter chacune des TFP au cours des deux prochaines années. Les 26 TFP sont classées en ordre descendant, selon le pourcentage d'utilisateurs.

Tableau 3.2 Pourcentage d'usines qui utilisent actuellement ou prévoient utiliser chacune des TFP

Rang	TFP	Utilisée	Utilisation prévue	Utilisée ou utilisation prévue
1	Conception/ingénierie assistée par ordinateur (CAO/IAO)	44	10	54
2	Automates/procédés programmables (APP)	37	9	46
3	Conception/fabrication assistée par ordinateur (CAO/FAO)	36	14	50
4	Réseaux locaux (RL)	36	13	49
5	Réseaux informatiques élargis (dont les intranets et les réseaux à grande distance)	35	19	54
6	Échange électronique de fichiers CAO	34	13	47
7	Ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'usine	31	21	51
8	Réseaux informatiques interentreprises (dont les extranets et l'échange de documents informatisés)	29	21	50
9	Utilisation de données d'inspection pour le contrôle de la production	26	16	42
10	Planification des ressources de fabrication (PRF) ou planification des ressources de l'entreprise (PRE)	21	19	40
11	Identification des pièces pour l'usinage automatique (p. ex. codage à barres)	18	21	39
12	Logiciel à base de connaissances	18	15	33
13	Production assistée par ordinateur (PAO)	18	15	33
14	Technologies de modélisation ou de simulation	17	13	30
15	Usinage à grande vitesse	17	12	29
16	Système d'acquisition et de contrôle des données (SACD)	16	16	32
17	Cellules ou systèmes de fabrication flexible	15	11	26
18	Autres systèmes automatisés munis de capteurs servant à l'inspection ou à la mise à l'essai de pièces ou de produits finis	13	8	21
19	Systèmes de vision artificielle servant à l'inspection ou à la mise à l'essai de pièces et de produits finis	11	8	19
20	Lasers utilisés dans le traitement des matériaux	9	8	17
21	Robots munis de capteurs	8	7	15
22	Technologies de grande précision dimensionnelle	7	6	13
23	Robots dépourvus de capteurs	7	5	12
24	Stockage mécanisé automatisé	5	9	14
25	Systèmes de commande répartis (contrôle numérique à distance des procédés de l'usine, par exemple, réseau de terrain)	5	8	13
26	Systèmes de prototypage rapide (SPR)	5	7	12

Les cinq technologies les plus couramment utilisées en 1998 étaient la CAO/IAO, les APP, la CAO/FAO, les RL et les réseaux informatiques élargis, avec des taux d'utilisation variant de 44 % à 35 %. Les RL et les réseaux informatiques élargis font partie des technologies de l'infrastructure de communication, les APP et la CAO/FAO sont principalement utilisés pour le contrôle des procédés de fabrication, et la CAO/IAO est utilisée pour la conception. En comparaison, le taux d'utilisation le plus élevé d'une TFP au Canada en 1993 était de 21 %, cette TFP étant la CAO/IAO (Baldwin et coll., 1996).

Les neuf premières technologies énumérées au tableau 3.2 sont à maturité. (Voir la section 5.1 pour une définition des TFP à maturité.) Les neuf ont des taux d'utilisation actuelle supérieurs à l'utilisation prévue.

Les trois principales TFP que les usines canadiennes prévoient acquérir au cours des deux prochaines années sont l'identification des pièces pour l'usinage automatique, les ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'usine et les réseaux informatiques interentreprises. L'utilisation prévue dépasse l'utilisation actuelle pour quatre TFP : outils de collecte des données, stockage mécanisé automatisé, systèmes de commande répartis et SPR. Ces trois dernières technologies sont les TFP les moins utilisées, mais l'identification des pièces pour l'usinage automatique occupe actuellement le onzième rang.

3.2 Conclusions

Les principales conclusions quant à la prévalence de l'utilisation des TFP par les usines canadiennes de fabrication en 1998 sont les suivantes.

- Au total, 76 % des usines de fabrication ont utilisé au moins une TFP. Ces usines représentent plus de 90 % de l'emploi et de la valeur ajoutée dans le secteur de la fabrication.
- En moyenne, les usines ont utilisé environ cinq types différents de TFP. Les usines qui ont utilisé cinq TFP ou plus représentent 76 % de l'emploi dans le secteur de la fabrication et 87 % de la valeur ajoutée.
- Les TFP à maturité qui ont des applications dans l'ensemble du secteur de la fabrication et qui ont des taux de pénétration supérieurs à la moyenne font partie des neuf TFP les plus largement utilisées. Au total, 17 % des usines n'utilisent que des TFP à maturité.
- Les trois principales technologies que les usines canadiennes prévoient acquérir au cours des deux prochaines années sont l'identification des pièces pour l'usinage automatique, les ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'usine et les réseaux informatiques interentreprises.

4 Facteurs liés à la technologie

L'Enquête de 1998 comprend une gamme variée de TFP, qui diffèrent de par leur fonction dans le processus de fabrication et leur pertinence pour les divers secteurs. Dans le présent chapitre, nous élaborons deux indicateurs pour tenir compte de cette diversité. Le premier indicateur, le pourcentage d'entreprises qui n'utilisent que des TFP à maturité, sert tout au long du rapport d'indicateur de base de l'utilisation des TFP. Le deuxième indicateur constitue une option de rechange à la classification des usines selon la branche d'activité. Il est fondé sur le type dominant de système de production que l'on retrouve dans une branche d'activité.

4.1 Maturité de la technologie

La maturité de chaque TFP est liée au processus de diffusion. La courbe caractéristique de diffusion en S s'applique à l'adoption des TFP (Edquist et Jacobsson, 1988; Northcott et Vickery, 1993). Au début du processus de diffusion d'une nouvelle technologie, quelques utilisateurs possibles seulement sont au fait de son existence, et on connaît peu d'applications pour cette technologie. À cette étape, les capacités technologiques nécessaires pour adopter avec succès la technologie pourraient être considérables. Au fur et à mesure que la technologie prend de la maturité, un plus grand nombre d'utilisateurs possibles en entendent parler, et le nombre d'applications éprouvées augmente. En outre, le rendement s'améliore grâce à l'expérience accumulée, tant au moment de la fabrication que dans le cadre de l'utilisation (Rosenberg, 1982; Sahal, 1985). Ces éléments ont tendance à accélérer l'adoption. À l'étape finale de la diffusion, le nombre d'utilisateurs dépasse largement le nombre d'utilisateurs possibles, la gamme de nouvelles applications possibles se rétrécit, et le taux d'adoption diminue.

4.1.2 Indicateur de la maturité

La présente étude comporte un indice visant à mesurer la maturité des TFP. Cet indice est fondé sur le taux de pénétration (pourcentage de toutes les usines faisant partie de l'échantillon de l'enquête qui ont adopté une technologie particulière) et un indice de la pertinence de la technologie dans l'ensemble des secteurs de la fabrication.

L'indice du niveau de pertinence est égal au taux d'adoption moyen divisé par l'écart-type pour le taux d'adoption moyen dans toutes les branches. Cela montre dans quelle mesure la TFP est générique ou polyvalente. Un indice élevé de niveau de pertinence montre qu'il existe peu de différences quant au taux d'adoption entre les secteurs. Cela peut se produire lorsque le pourcentage moyen d'entreprises qui ont adopté la TFP est soit très élevé *ou* très faible. De même, un faible indice de niveau de pertinence montre qu'il existe des différences importantes quant au taux de pénétration entre les secteurs.

La figure 1 comprend un graphique de l'indice du niveau de pertinence selon le taux moyen de pénétration pour chacune des 26 TFP. L'indice de niveau de pertinence médian est de 1,94, tandis que le taux de pénétration médian est de 17,5 %. Ces deux médianes divisent le graphique en quatre quadrants.

- Le quadrant 1 (coin supérieur gauche) comprend les TFP ayant des taux de pénétration inférieurs à la moyenne, mais des taux de pertinence supérieurs à la moyenne.

- Le quadrant 2 (coin supérieur droit) comprend les TFP qui ont un indice de niveau de pertinence élevé et un taux de pénétration élevé.
- Le quadrant 3 (coin inférieur gauche) comprend les TFP qui ont un faible indice de niveau de pertinence et un faible taux de pénétration.
- Le quadrant 4 (coin inférieur droit) comprend les TFP qui ont un faible indice de niveau de pertinence, mais un taux de pénétration élevé.

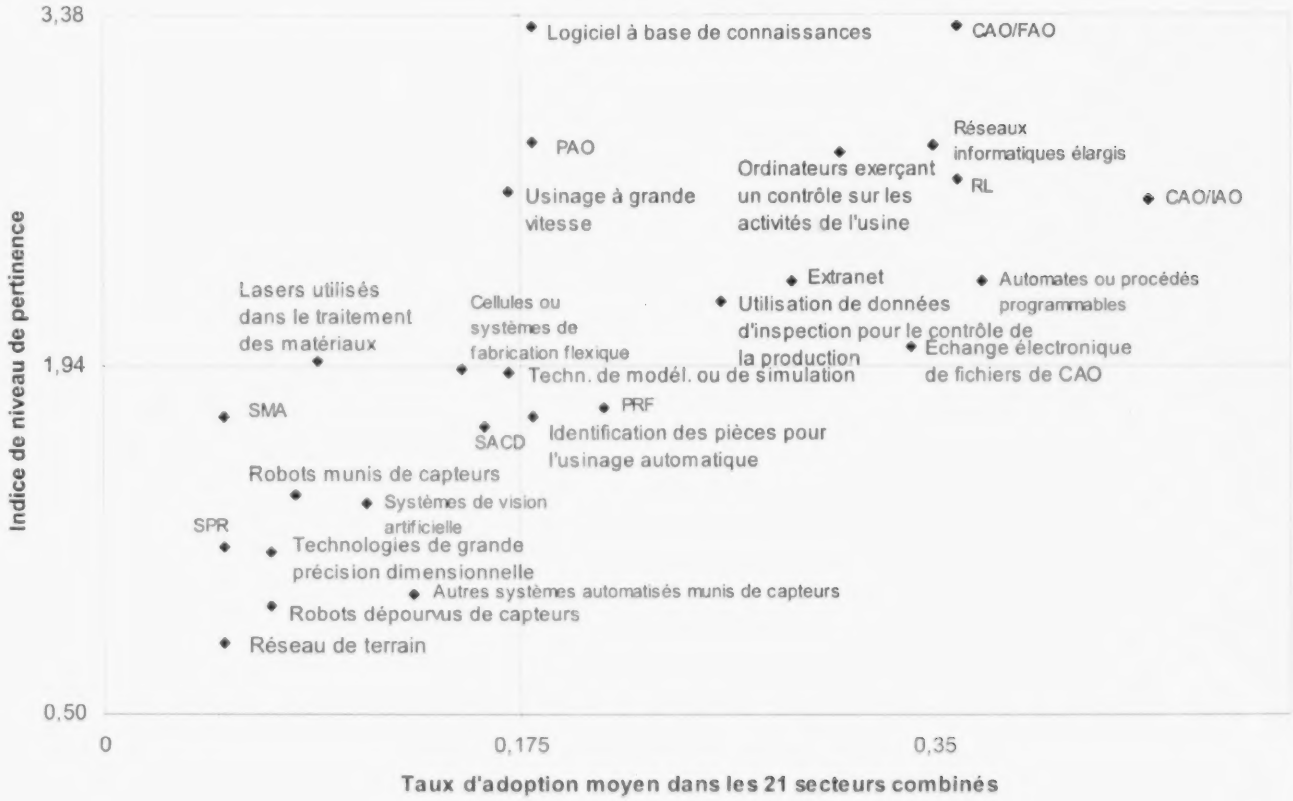
Il est frappant de constater que la presque totalité des TFP se trouve dans le quadrant 2 ou le quadrant 3 : il s'agit de TFP (à maturité) ayant un niveau de pertinence et un taux de pénétration élevés ou de TFP ayant un niveau de pertinence et un taux de pénétration faibles. Cela laisse supposer que les taux de pénétration des TFP sont fortement influencés par le niveau de pertinence. Les TFP qui comportent une vaste gamme d'applications dans tous les secteurs de la fabrication seront plus largement utilisées que les TFP qui ont un nombre limité d'applications. Cela est un résultat logique, mais fait aussi ressortir la nature arbitraire de nombreux indicateurs très répandus de l'utilisation des TFP. Il est possible que les faibles taux de pénétration observés pour les TFP dans des combinaisons particulières de taille d'entreprise et de secteur soient simplement dus au manque de TFP pertinentes.

Les quelques TFP qui ne se trouvent pas dans ces deux quadrants sont très proches des limites médianes. Seulement deux TFP se trouvent dans le quadrant de faible taux de pénétration/niveau élevé de pertinence : l'usinage à grande vitesse et les lasers utilisés dans le traitement des matériaux, même si le logiciel à base de connaissances et la production assistée par ordinateur se situent très près de la limite médiane pour le taux de pénétration, mais très loin des autres TFP dans le même quadrant. Aux fins de la présente étude, ces deux TFP ne sont pas définies comme des TFP du quadrant 2. Deux TFP, la planification des ressources de fabrication (PRF) et l'identification des pièces pour l'usinage automatique, se trouvent dans la portion de faible niveau de pertinence/taux élevé de pénétration du graphique (quadrant 4).

Pour plus de simplicité, nous définirons les neuf TFP qui se trouvent clairement dans le quadrant 2 (pénétration et pertinence élevées) comme des TFP « à maturité ». Cela exclut le logiciel à base de connaissances et la production assistée par ordinateur. Toutes les autres TFP sont définies comme des TFP en « développement ». Il est important de noter que l'indice de maturité ne constitue pas une mesure du nombre d'années pendant lesquelles une TFP a été disponible sur le marché, même si la décennie médiane de commercialisation de neuf TFP à maturité correspond aux années 60, comparativement aux années 70 pour les 17 TFP en développement.

La distribution des TFP dans la figure 1 fait ressortir un nouvel indicateur de base de l'utilisation des TFP. Il s'agit du pourcentage d'entreprises qui utilisent *uniquement* une TFP à maturité et qui se trouvent dans le quadrant superieur droit. On peut s'attendre à ce que ces TFP posent le moins de problèmes d'adoption, particulièrement pour les petites entreprises qui ont un accès limité à des compétences très spécialisées.

FIGURE 1. Niveau de pertinence des TFP selon le taux d'adoption moyen dans 21 secteurs de la fabrication



4.2 Branche d'activité et système de production

Dans le cadre des enquêtes précédentes, on a observé des écarts entre les branches d'activité quant au niveau d'utilisation des technologies et à la nature des technologies particulières utilisées (Northcott et Vickery, 1993; Fortier et coll., 1993). Toutefois, les classifications fondées sur des catégories de produits, comme la Classification type des industries (CTI) au Canada et aux États-Unis, n'expliquent pas réellement l'adoption des TFP (Young, 1993; Shapira et Rephann, 1996). Il existe une exception, à savoir l'incidence élevée de l'utilisation des TFP dans le secteur de l'électronique, laquelle est attribuée à la plus grande connaissance des technologies axées sur la microélectronique. Par contre, les chercheurs ont trouvé des modèles particuliers d'utilisation des TFP pour les différents types de systèmes de production (Shapira et Rephann, 1996; Luria, 1997).

Même si l'on convient de façon générale que l'utilité des technologies particulières diffère selon la branche d'activité, il n'existe pas de cadre couramment utilisé pour l'analyse de ces différences. Les classifications d'industries fondées sur le type de système de production fournissent des réponses différentes de celles des systèmes de classification fondés sur le secteur. Par exemple, les fabricants de pièces distinctes des secteurs des matières plastiques et de l'automobile utilisent des procédés de production similaires, mais sont affectés à des secteurs différents. Par ailleurs, les systèmes de classification selon le secteur combinent des sous-secteurs qui utilisent des procédés de fabrication très différents. Par exemple, le secteur des matières plastiques comprend à la fois des sous-secteurs qui utilisent des procédés en continu (p. ex., les fournisseurs de résine) et des sous-secteurs qui utilisent la technologie des pièces distinctes (p. ex. les fabricants de seaux). Une des solutions à ce problème consiste à faire enquête auprès des branches d'activité qui utilisent des procédés de production similaires (U.S. Bureau of the Census, 1994; Swamidass et Kotha, 1998), ou de recombiner des secteurs après l'enquête, sur la base de leur système de production dominant. Nombre de ces types d'enquête rendent compte de différences importantes quant à l'utilisation des TFP. Par exemple, parmi les petits ateliers de transformation des métaux, les non-utilisateurs de TFP sont plus susceptibles d'utiliser un procédé de production répétitif que les utilisateurs de TFP (Rishel et Burns, 1997).

L'association entre les différents systèmes de production et l'utilisation des TFP laisse supposer que la nature des procédés de production utilisés dans une branche d'activité, à savoir le système de production, influe sur la possibilité d'utiliser des TFP. De façon plus simple, l'utilisation fonctionnelle fait une différence. Par exemple, le stockage mécanisé automatisé augmente la productivité du traitement des stocks et convient par conséquent aux branches à volume élevé, qui ont de longs cycles de production. Par conséquent, l'adoption du stockage mécanisé automatisé peut se faire plus lentement dans les entreprises qui ont des marchés nationaux plus restreints, comme c'est le cas au Canada. Historiquement, les petits marchés du Canada sont considérés comme un obstacle à la réalisation d'économies d'échelle (Britton, 1991).

En outre, de nombreuses TFP ont été élaborées pour remplacer des machines-outils conventionnelles. Par conséquent, ces TFP sont plus pertinentes dans les branches de produits discrets que dans les systèmes de production en continu. Par contre, les branches qui utilisent des procédés en continu sont d'excellentes candidates pour l'application des technologies d'intégration. Par exemple, l'application à grande échelle des systèmes de commande répartis dans le secteur du raffinage du pétrole remonte aux années 70.

4.2.1 Indicateur du système de production

L'indicateur du système de production utilisé ici est fondé sur l'utilisation prédominante par un secteur de « procédés en continu » ou d'un système de production de « pièces distinctes »[8]. Ce dernier groupe se répartit entre les branches à « forte valeur ajoutée/faible volume » et les branches à « faible valeur ajoutée/volume élevé ». Cela correspond à peu près à répartir les fabricants de pièces distinctes entre les « branches de l'ingénierie » et les « autres » branches de fabrication de pièces distinctes.

L'Enquête de 1998 ne comprend des données qu'au niveau à deux chiffres pour chaque secteur d'usine. L'utilisation du code à deux chiffres pour affecter chaque usine à un système de production ajoute un bruit, étant donné que de nombreux secteurs au niveau à deux chiffres comprennent à la fois des systèmes de pièces distinctes et de procédés en continu. Quelques secteurs ne peuvent être classifiés selon un mode de production dominant parce qu'ils utilisent largement à la fois les procédés en continu et les pièces distinctes. Pour surmonter ce problème, une quatrième catégorie de systèmes de production appelée « mixte » comprend les branches qui n'ont pas de système de production dominant. Le tableau 4.1 résume la classification des secteurs de la fabrication selon le système de production.

Tableau 4.1 Classification des secteurs à deux chiffres[1] selon le type de système de production

Pièces distinctes – Non-ingénierie	Pièces distinctes – Ingénierie	Procédés en continu	Mixte
Produits du cuir	Machinerie	Boissons	Produits du tabac
Produits du textile	Matériel de transport	Industries textiles de première transformation	Produits du papier
Habillement	Produits électriques	Première transformation des métaux	Imprimerie et édition
Produits du bois	Fabrication des produits métalliques	Produits minéraux non métalliques	Autres industries manufacturières
Meubles		Produits raffinés du pétrole	
Produits en matière plastique		Industries chimiques	
Produits en caoutchouc			

1. Les établissements de transformation des aliments n'ont pas été inclus dans l'Enquête de 1998.

[8] Cette classification correspond aux documents spécialisés sur l'ingénierie, lesquels répartissent les usines entre deux catégories de base : secteur des procédés en continu et secteur des pièces distinctes. Les procédés en continu permettent la production continue d'un produit. La production de pièces distinctes permet la production d'éléments particuliers et est subdivisée en production de masse, production en lots et travail à façon.

4.2.2 Utilisation des TFP selon le type de système de production

Le tableau 4.2 donne les taux d'utilisation des TFP selon le système de production. Les taux d'utilisation les plus élevés concernent les branches d'ingénierie de pièces distinctes, où 85 % des usines utilisent une TFP, comparativement à 67 % des usines de non-ingénierie de pièces distinctes. De nombreuses TFP, par exemple la CN/CNO et le SFF ont été conçus pour remplacer les machines-outils conventionnelles utilisées dans ces branches. Le contenu à forte valeur ajoutée des produits de ces branches pourrait expliquer les taux relativement élevés d'utilisation des TFP, étant donné que les entreprises de ces branches peuvent tirer profit des économies de gamme des TFP.

Tableau 4.2 Taux d'utilisation des TFP selon le système de production

	Système de production			
	Procédés en continu	**Pièces distinctes – Non-ingénierie**	**Pièces distinctes – Ingénierie**	**Mixte**
Pourcentage des usines utilisant le système[1]	12,4 %	30,2 %	37,9 %	19,4 %
Utilisation d'une TFP ou plus	75 %	67 %	85 %	75 %
Utilisation de 5 TFP ou plus	48 %	34 %	57 %	40 %
Utilisation de TFP à maturité seulement	14 %	18 %	15 %	19 %
Investissement dans les TFP > 25 %	19 %	21 %	33 %	30 %
Nombre moyen de TFP utilisées	5,5	4,0	6,3	4,6

1: Les pourcentages pour cette ligne totalisent 100 %, ce qui rend compte de toutes les usines visées par l'enquête.

Selon diverses mesures, l'utilisation des TFP vient au deuxième rang en importance dans les usines des secteurs utilisant des procédés en continu, même si nombre de ces secteurs sont traditionnellement perçus comme utilisant peu de technologies. Cela pourrait être dû aux possibilités d'économies d'échelle, qui permettent de récupérer les coûts élevés d'investissement dans les TFP, grâce à des volumes importants de production. En outre, les procédés en continu nécessitent un contrôle automatique du processus de fabrication et conviennent donc parfaitement à l'application de la microélectronique aux fonctions de contrôle. Les taux les plus faibles d'utilisation des TFP se retrouvent dans les branches de non-ingénierie de pièces distinctes. Même si la pertinence des TFP dans ces branches est élevée, la faible valeur ajoutée des produits peut constituer un obstacle important à l'adoption des TFP.

Le tableau 4.3 présente les taux d'adoption prévue selon le système de production. Même si les différences entre les utilisateurs actuels des TFP sont minimes, les taux les plus élevés d'adoption prévue, à la fois pour les utilisateurs actuels et pour les non-utilisateurs, se retrouvent dans les branches d'ingénierie de pièces distinctes, où 80 % des utilisateurs de TFP prévoient adopter un type additionnel de TFP. Il s'agit aussi du système de production où les taux actuels d'utilisation des TFP sont les plus élevés. Les taux élevés d'adoption prévue rendent probablement compte à la fois du nombre élevé de TFP qui s'appliquent dans ces secteurs et des pressions de la concurrence.

Tableau 4.3 Pourcentage d'utilisateurs actuels et de non-utilisateurs de TFP qui prévoient adopter un nouveau type de TFP d'ici deux ans, selon le système de production

Système de production	Utilisateur actuel de TFP	Non-utilisateur de TFP
Procédés en continu	70 %	45 %
Pièces distinctes – Non-ingénierie	72 %	34 %
Pièces distinctes – Ingénierie	80 %	48 %
Mixte	61 %	39 %

4.3 Conclusions

Les principales conclusions relatives aux modèles d'utilisation des TFP, selon le système de production et la maturité des TFP, sont les suivantes.

- Au total, neuf TFP peuvent être caractérisées comme étant « à maturité », avec des taux d'adoption comparativement élevés dans la plupart des branches d'activité. Par ailleurs, 11 TFP ont de faibles taux d'adoption et ne s'appliquent qu'à quelques secteurs.
- Les taux d'utilisation des TFP sont largement influencés par le niveau de pertinence de la technologie dans tous les secteurs. Les TFP qui ont une vaste gamme d'applications ont généralement des taux de pénétration plus élevés que celles qui ont un nombre limité d'applications.
- Les taux d'utilisation des TFP varient selon le système de production qui prédomine dans un secteur. Les taux d'utilisation des TFP les plus élevés se retrouvent dans les branches d'activité de production de pièces distinctes à forte valeur ajoutée, suivies par les branches d'activité qui ont des systèmes de production en continu. Les taux d'utilisation des TFP sont les plus faibles dans les branches d'activité de production de pièces distinctes à faible valeur ajoutée.
- Les taux les plus élevés d'adoption prévue, tant pour les utilisateurs actuels que pour les non-utilisateurs, se retrouvent dans les branches d'activité de pièces distinctes à forte valeur ajoutée.

5 Facteurs au niveau de l'usine

Le présent chapitre analyse les modèles d'utilisation des TFP selon plusieurs caractéristiques d'usine : taille de l'usine, type de propriété et situation du point de vue des exportations. Aucune donnée n'était disponible à partir de l'Enquête de 1998 pour deux autres facteurs au niveau de l'usine, à savoir l'âge de l'usine et l'expansion.

5.1 Taille de l'usine

Dans le cadre d'études empiriques antérieures, la taille de l'usine, mesurée par le nombre d'employés, a toujours figuré parmi les déterminants majeurs de l'utilisation des technologies[9]. La taille de l'usine était l'indicateur le plus puissant de l'utilisation des technologies dans les résultats de l'Enquête de 1989 (Baldwin et Diverty, 1995). La taille de l'usine représente aussi un facteur qui justifie les différences dans les taux d'utilisation de technologies particulières (Swamidass et Kotha, 1998).

Les retards quant à l'adoption entre les grandes et les petites usines ou entreprises sont généralement attribués aux ressources financières et techniques plus importantes des grandes usines. Les petites usines font face à un plus grand nombre de risques lorsqu'elles adoptent une nouvelle technologie, étant donné que les investissements nécessaires constituent une proportion plus importante de leurs budgets et autres engagements de ressources (Mansfield, 1993). La mise en œuvre de nouvelles technologies est plus susceptible de perturber les opérations ou d'avoir des répercussions négatives sur le flux de production dans les petites usines. Nombre des systèmes de technologie de pointe, comme la PAO, sont exigeants en investissements, ce qui explique le fait qu'ils soient à peu près absents dans les petites entreprises (Swamidass et Kotha, 1998). Les grandes usines ou entreprises ont un avantage d'échelle du fait qu'elles peuvent répartir le risque et les coûts fixes de l'adoption entre un plus grand nombre de produits (Kelley et Helper, 1997). Les chercheurs ont aussi laissé entendre que du fait du plus grand nombre de produits et de procédés des grandes usines, celles-ci disposent d'un potentiel plus large pour les applications de technologies de pointe (Baldwin et Diverty, 1995; Swamidass et Kotha, 1998). La présence d'un plus grand nombre de ressources techniques internes, particulièrement des spécialistes techniques, semble être liée à une meilleure sensibilisation aux nouvelles technologies et à leurs avantages (Northcott et Vickery, 1993). Étant donné que les grandes usines sont plus susceptibles que les petites d'avoir l'expertise nécessaire au niveau interne, elles peuvent exploiter plus efficacement les avantages des technologies de pointe.

5.1.1 Utilisation des TFP selon la taille de l'usine

Le tableau 5.1 donne des résultats pour quatre catégories de taille d'usine. À une exception près, l'utilisation des TFP augmente monotonement en fonction du nombre d'employés. L'exception prend la forme d'une diminution selon la taille de l'usine du pourcentage d'entreprises qui n'utilisent que des TFP à maturité. Toutefois, ce résultat correspond au modèle général, étant donné qu'il montre que les petites usines ont plus de difficulté à adopter des TFP plus complexes.

[9] Voir Fortier et coll., 1993; Northcott et Vickery, 1993; Shapira et Rephann, 1996; Kelley et Helper, 1997; Baldwin et Sabourin, 1999.

Les données de l'Enquête de 1998 corroborent l'importance d'un manque de ressources parmi les petites usines comme facteur contribuant à leurs taux d'utilisation plus faible des TFP. Parmi les dix obstacles à l'utilisation des TFP énumérés dans l'Enquête de 1998, les trois obstacles qui montrent une différence statistiquement significative selon la taille de l'usine ont trait au niveau de ressources nécessaires pour l'adoption. Les résultats complets sont fournis à la section 8.2 concernant les obstacles à l'utilisation des TFP.

Tableau 5.1 Taux d'utilisation des TFP en 1998, selon la taille de l'usine

	Nombre d'employés			
	10 - 49	**50 – 99**	**100 - 249**	**> 250**
Pourcentage de toutes les usines dans la catégorie de taille[1]	68,3 %	14,7 %	11,3 %	5,7 %
Utilisation d'une TFP ou plus	69 %	89 %	95 %	99 %
Utilisation de 5 TFP ou plus	34 %	59 %	77 %	96 %
Utilisation de TFP à maturité seulement	19 %	15 %	11 %	2 %
Investissement dans les TFP > 25 % de l'investissement total de l'usine	23 %	33 %	35 %	49 %
Nombre moyen de TFP utilisées	3,8	6,1	8,6	12,8

1: Les pourcentages pour cette ligne totalisent 100 %, ce qui rend compte de toutes les usines visées par l'enquête.

5.1.2 Adoption prévue

Le tableau 5.2 donne les taux d'adoption prévue selon la taille de l'usine pour les usines qui utilisent actuellement ou moins une TFP et pour celles qui n'utilisent actuellement pas de TFP.

Tableau 5.2 Taux d'adoption prévue des TFP d'ici deux ans, selon la taille de l'usine

Employés	**Utilisateurs actuels de TFP**	**Non-utilisateurs de TFP**
10 - 49	69 %	39 %
50 à 99	79 %	46 %
100 à 249	80 %	48 %
250 et plus	81 %	-
Toutes les usines	73 %	40 %

Les taux d'adoption prévue les plus faibles, tant pour les utilisateurs de TFP que pour les non-utilisateurs, se retrouvent dans les usines qui comptent moins de 50 employés. Parallèlement, 89 % de toutes les entreprises susceptibles d'adopter des TFP parmi les non-utilisateurs actuels comptent moins de 50 employés, ce qui est lié au fait que 90 % des non-utilisateurs actuels se retrouvent dans cette catégorie de taille. La majorité de la croissance prévue de l'utilisation des TFP a trait aux usines qui utilisent déjà ces technologies.

5.2 Type de propriété

Des recherches antérieures effectuées au Canada et aux États-Unis montrent que l'utilisation des TFP est plus grande dans les usines sous contrôle étranger que dans les usines sous contrôle canadien, et dans les usines qui appartiennent à des entreprises qui comptent plusieurs usines que dans les usines autonomes (Baldwin et Diverty, 1995). Ce dernier élément s'explique par le fait que les entreprises qui possèdent plusieurs usines peuvent répartir les coûts de l'adoption entre un certain nombre de ces usines. En outre, les entreprises qui comptent plusieurs usines utilisent un nombre plus grand de TFP qui permettent l'intégration des opérations entre les établissements, comme les technologies de communications (Shapira et Rephann, 1996; Gate, 1997).

Comme le montre le tableau 5.3, les taux d'utilisation des TFP sont plus élevés dans les usines sous contrôle étranger. Une partie de la différence quant aux taux d'utilisation des TFP entre les usines sous contrôle étranger et les usines sous contrôle canadien est due aux différences touchant leur distribution de taille. Les usines sous contrôle étranger ont généralement des taux d'utilisation plus élevés, pour au moins une TFP, pour cinq TFP ou plus, et pour le nombre moyen de TFP, mais les différences ne sont pas aussi grandes que pour la moyenne des usines combinées. En outre, un pourcentage plus élevé de petites usines sous contrôle canadien que de petites usines sous contrôle étranger ont consacré plus de 25 % de leurs dépenses totales au titre du matériel et de l'outillage aux TFP, et un nombre légèrement moins élevé de petites usines sous contrôle canadien n'ont utilisé que des TFP à maturité.

Tableau 5.3 Taux d'utilisation des TFP en 1998, selon la région géographique du siège social

	Toutes les usines		< 100 employés		100 employés et plus	
	Canada	Étranger	Canada	Étranger	Canada	Étranger
Utilisation d'une TFP ou plus	75 %	88 %	72 %	78 %	95 %	98 %
Utilisation de 5 TFP ou plus	43 %	67 %	38 %	46 %	80 %	92 %
Utilisation de TFP à maturité seulement	24 %	16 %	18 %	21 %	9 %	5 %
Investissement dans les TFP > 25 %	*27 %	29 %	25 %	15 %	37 %	44 %
Nombre moyen de TFP utilisées	4,9	7,9	4,1	5,3	9,6	11,1

Toutes les différences entre les usines canadiennes et étrangères sont statistiquement significatives ($p < 0,05$), sauf pour les pourcentages marqués d'un '*'.

Parmi les raisons qui font que les entreprises sous contrôle étranger utilisent davantage de TFP figure le fait qu'elles sont plus susceptibles d'appartenir à une entreprise qui possèdent plusieurs usines. L'Enquête de 1998 ne comprend pas de question directe sur l'existence de plusieurs usines, mais elle comporte la question suivante à l'intention des usines qui utilisent au moins une TFP, à savoir si « les usines associées… jouent un rôle important pour fournir des idées pour l'adoption de technologies de pointe dans votre usine ». Trois catégories de réponse sont fournies : oui, non et sans objet. Nous partons du principe que les usines qui ont répondu « oui » ou « non » appartiennent à une entreprise qui compte plusieurs usines, tandis que celles qui ont répondu « sans objet » sont des usines autonomes. Les analyses se limitent aux usines qui comptent moins de 100 employés, étant donné l'absence de réponses suffisantes dans le cas des grandes usines autonomes.

Le nombre moyen de TFP utilisées et le pourcentage d'usines qui n'utilisent que des TFP à maturité figurent au tableau 5.4 pour les usines canadiennes et étrangères, selon le statut de l'usine. Les usines étrangères utilisent un nombre moyen supérieur de TFP dans les quatre comparaisons, même si la différence n'est statistiquement significative que dans un cas, à savoir les usines autonomes comptant de 10 à 49 employés. La direction des résultats pour le pourcentage d'usines qui n'utilisent que des TFP à maturité est partagée, même si seulement une comparaison est statistiquement significative. Un nombre moins grand d'usines canadiennes (27 %) que d'usines étrangères (41 %) qui comptent de 10 à 49 employés n'utilisent que des TFP à maturité.

Tableau 5.4 Mesures de l'utilisation des TFP par les usines sous contrôle canadien et étranger pour les usines appartenant à des entreprises qui comptent plusieurs usines et les usines autonomes

	10 – 49 employés			50 – 99 employés		
	Canadien	Étranger	P[1]	Canadien	Étranger	p
Nombre moyen de TFP utilisées						
Usines appartenant à des entreprises qui possèdent plusieurs usines	5,4	5,7	,70	6,6	7,4	,24
Usines autonomes	5,1	6,7	,01	6,9	8,2	,19
Pourcentage d'usines n'utilisant que des TFP à maturité						
Usines appartenant à des entreprises qui possèdent plusieurs usines	27 %	41 %	,01	20 %	7 %	,06
Usines autonomes	31 %	27 %	,62	10 %	23 %	,17

1: Valeur P pour la différence entre les usines canadiennes et les usines étrangères.

5.3 Situation du point de vue des exportations

Les études de l'utilisation des TFP aux États-Unis montrent des taux plus élevés d'utilisation de celles-ci dans les usines qui exportent que dans celles qui ne produisent que pour le marché intérieur (U.S. Bureau of the Census, 1994; Shapira et Rephann, 1996).

Le tableau 5.5 donne les taux d'utilisation des TFP pour les usines qui exportent certains de leurs produits, et pour celles qui ne vendent leurs produits que sur le marché intérieur. Tous les indicateurs des TFP montrent que les usines qui ont des exportations ont une utilisation plus grande des TFP. Par exemple, 84 % des usines exportatrices qui comptent moins de 100 employés utilisent une TFP ou plus, comparativement à 66 % des usines qui n'exportent pas.

Tableau 5.5 Taux d'utilisation des TFP selon la situation du point de vue des exportations

	< 100 employés		100 employés et plus	
	Aucune exportation	Exportations	Aucune exportation	Exportations
Utilisation d'une TFP ou plus	66 %	84 %	95 %	97 %
Utilisation de 5 TFP ou plus	31 %	51 %	68 %	89 %
Utilisation de TFP à maturité seulement	19 %	17 %	18 %	4 %
Investissement dans les TFP > 25 %	22 %	29 %	30 %	43 %
Nombre moyen de TFP utilisées	3,5	5,4	7,8	10,9

Toutes les différences entre les usines non exportatrices et les usines exportatrices sont statistiquement significatives ($p < 0,05$).

5.4 Conclusions

Les conclusions qui suivent quant à l'utilisation des TFP selon les caractéristiques de base de l'usine peuvent être tirées des résultats de l'Enquête de 1998.

- Les taux d'utilisation des TFP augmentent monotonement selon la taille de l'usine, mesurée par le nombre d'employés. Le pourcentage d'usines qui n'utilisent que des TFP à maturité diminue avec la taille de l'usine.
- Le pourcentage d'usines qui prévoient adopter un nouveau type de TFP d'ici deux ans augmente selon la taille de l'usine, tant pour les utilisateurs actuels de TFP que pour les non-utilisateurs. Les taux d'adoption prévue sont supérieurs parmi les usines qui utilisent actuellement au moins une TFP.
- La majorité de la croissance prévue de l'utilisation des TFP au cours des deux prochaines années découle de l'adoption de nouveaux types de TFP par les usines qui utilisent actuellement des TFP. Une croissance très faible de l'utilisation des TFP est prévue par suite de l'adoption de TFP par des usines qui n'en utilisent pas déjà.
- Les taux d'utilisation des TFP sont plus élevés dans les usines sous contrôle étranger que dans celles sous contrôle canadien. Les usines sous contrôle étranger utilisent en moyenne 7,9 TFP, comparativement à 4,9 pour les usines sous contrôle canadien. Une partie de la différence quant aux taux d'utilisation des TFP entre les usines sous contrôle étranger et les usines sous contrôle canadien diminue une fois contrôlées les différences quant au nombre d'employés et le fait que l'usine appartient à une entreprise qui possède plusieurs usines.
- Les usines qui exportent ont des taux d'utilisation des TFP plus élevés que celles qui n'exportent pas.

6 Facteurs liés à la gestion

Les choix des gestionnaires quant à la façon d'organiser les opérations de fabrication et de soutien et quant aux sommes à investir dans leur élaboration, sont des facteurs essentiels de l'adoption des technologies et de l'utilisation réussie des nouvelles technologies. La présente section évalue le lien entre l'utilisation des TFP et plusieurs facteurs liés à la gestion : portée des réseaux externes, diversité des ressources internes, présence de programmes de formation, capacités de R-D de l'entreprise, stratégies de l'entreprise et méthodes utilisées par l'entreprise pour adopter les TFP.

6.1 Sources d'information externes et internes

Les résultats des recherches antérieures montrent que l'établissement de liens externes comporte un effet positif sur l'adoption des technologies[10]. De façon plus particulière, les fournisseurs et les experts-conseils dans le domaine des technologies constituent des sources essentielles d'information. De façon plus générale, la participation à des réseaux externes pourrait constituer un indicateur de la capacité d'absorber de nouvelles technologies.

Toutes les entreprises dépendent, dans une certaine mesure, d'organisations externes pour obtenir l'information et les ressources dont elles ont besoin pour innover. Selon les théories des coûts par activités et des coûts des communications, les lacunes du marché de l'information sont une des causes principales de la lente diffusion des technologies (Britton, 1991; Hottenstein et coll., 1999). Selon Kelly et Helper (1997), plus un utilisateur potentiel dispose de sources d'information, et plus l'incidence de l'échange d'information est élevée, plus grande est la probabilité d'adoption des technologies. Ils ont déterminé que l'établissement de réseaux externes a un plus grand effet sur la probabilité d'adoption dans les petites entreprises.

Toutefois, le type de sources d'information externes pourrait jouer un rôle plus marqué quant à l'adoption que le nombre de sources d'information. Par ailleurs, les répercussions des différentes sources d'information sur l'adoption semblent varier selon la taille de l'entreprise. Un problème courant parmi les petites entreprises est le manque de ressources pour évaluer les prétentions des experts-conseils et des fournisseurs dans le domaine des technologies. Au moment d'adopter des TFP, les petites entreprises profitent de l'aide technique de leurs principaux clients industriels (Shapira et Rephann, 1996). Les exigences des clients à l'endroit des fournisseurs quant à l'utilisation de TFP particulières ont entraîné une augmentation substantielle de l'adoption de ces dernières (Britton, 1991)[11].

L'élaboration de ressources internes qui complète l'exploitation efficace des TFP favorise l'intégration réussie de ces technologies dans les usines existantes. La majeure partie du processus d'établissement de cette capacité est le fruit de l'apprentissage par l'usage et de l'apprentissage par la pratique, c'est-à-dire que les entreprises élaborent leurs capacités technologiques grâce à

[10] Voir Britton, 1991; Baldwin et Sabourin, 1995; Kelley et Helper, 1997; Hottenstein et coll., 1999.

[11] La plupart des enquêtes sur l'adoption des TFP n'ont pas inclu ce facteur dans leur évaluation, mais de nombreux experts de la diffusion des procédés de fabrication sont d'avis que la modification des exigences des clients est l'une des principales forces qui sous-tendent l'adoption des TFP.

l'expérience qu'elles accumulent à l'égard de ces technologies. Cela a des répercussions sur les taux d'utilisation des TFP, étant donné que les entreprises qui profitent de la mise en œuvre des TFP ont une plus grande propension à adopter d'autres TFP (Kelly et Helper, 1997; Hottenstein et coll., 1999).

Le personnel de production est la source la plus courante d'idées, au niveau interne, pour l'adoption des TFP (Baldwin et Sabourin, 1995, Millen et Sohal, 1998). La participation des gestionnaires de la fabrication dans la formulation de la stratégie d'entreprise semble aussi augmenter l'utilisation des TFP (Tracey et coll., 1999). Des capacités d'étude des procédés pourraient aussi entraîner une augmentation des taux d'adoption des TFP. Toutefois, la présence d'un service d'ingénierie de production au niveau interne n'a pas constitué une variable explicative importante de l'utilisation des TFP dans une étude (Shapira et Rephann, 1996). Le niveau de ressources internes qui peuvent être affectées à la mise en œuvre des changements a aussi des répercussions positives sur l'adoption de nouvelles technologies. Les grandes entreprises ont un avantage à cet égard.

D'autres sources internes d'expertise technologique, comme les cadres de production et les centres de technologie internes, ne semblent pas influencer le taux d'adoption (Hottenstein et coll., 1999). Cela laisse supposer que ce n'est pas la présence de ressources internes, mais plutôt le lien entre ces ressources, qui est essentiel pour qu'augmente l'utilisation des TFP. La pratique de la conception technique simultanée, qui comprend l'intégration de la conception des produits et des procédés, ainsi que l'utilisation d'équipes multifonctionnelle de concepteurs, peuvent servir de mesures approximatives de ces liens internes. Ces deux éléments sont évalués à la section 6.6.

6.1.1 Taux d'utilisation des TFP selon les sources d'information externes

Dans l'Enquête de 1998, on demandait aux répondants des usines qui utilisent au moins une TFP, si neuf sources externes « jouent un rôle important pour fournir des idées pour l'adoption de technologies de pointe dans votre usine ». On pouvait répondre à chaque question par oui ou par non[12]. Les résultats de base selon la taille de l'usine figurent au tableau 6.1, en ordre descendant de fréquence de citation de chaque source par toutes les usines.

Sauf dans le cas des clients, le pourcentage d'usines qui citent une source augmente avec le nombre d'employés. Cela a pour résultat que le nombre moyen de sources externes citées augmente aussi selon la taille de l'usine, passant de 3,5 pour les usines comptant moins de 50 employés, à 5,2 pour les usines comptant 250 employés ou plus.

[12] La question comprend aussi une catégorie « sans objet ». Les usines qui ont coché cette catégorie de réponse sont incluses dans le groupe des usines qui ont répondu « non ».

Tableau 6.1 Pourcentage d'utilisateurs de TFP qui citent des sources externes d'idées pour l'adoption de TFP, selon la taille de l'usine

	Nombre d'employés				Toutes les
Sources externes	**10 - 49**	**50 - 99**	**100 – 249**	**250 +**	**usines**
Foires commerciales, conférences, publications	71 %	85 %	79 %	87 %	76 %
Fournisseurs	66 %	73 %	75 %	86 %	70 %
Clients*	65 %	66 %	69 %	65 %	66 %
Autres fabricants dans votre secteur	41 %	49 %	46 %	56 %	44 %
Firmes d'experts-conseils et de services	35 %	48 %	52 %	66 %	42 %
Entreprises associées	35 %	37 %	49 %	66 %	39 %
Gouvernements/instituts/associations	16 %	23 %	21 %	32 %	19 %
Universités	11 %	15 %	22 %	33 %	15 %
Brevet	11 %	17 %	18 %	29 %	14 %

* Aucune différence statistiquement significative par rapport à la moyenne. Pour toutes les autres sources externes, il existe des différences statistiquement significatives par rapport à la fréquence moyenne d'utilisation.

Même si un pourcentage plus important de grandes usines que de petites citent chacune des sources d'information externes, le tableau 6.1 montre que les classements sont similaires pour toutes les catégories de taille d'usine. Par exemple, la source externe la plus fréquemment citée pour toutes les catégories de taille est la suivante : foires commerciales, conférences et publications, avec au deuxième rang, les fournisseurs. Si les « usines associées », qui ne sont présentes que dans le cas des entreprises qui comptent plusieurs établissements sont exclues, les classements comportent une corrélation étroite entre les catégories de taille.

Les clients viennent au troisième rang en importance parmi les sources externes, pour toutes les usines, sauf celles qui comptent plus de 250 employés. Dans ce cas, les entreprises associées viennent au troisième rang, même si le nombre de grandes usines qui citent les clients se rapproche beaucoup du nombre de celles qui citent les entreprises associées. Le pourcentage élevé d'usines qui sont d'avis que les clients sont une source importante d'idées pour l'adoption des TFP appuie indirectement les études de cas selon lesquelles les exigences de la clientèle constituent une raison majeure de l'adoption des TFP.

Les deux sources qui comportent la différence la plus grande quant aux taux de citation selon la taille de l'usine sont les experts-conseils et les entreprises associées, soit un écart de 31 % entre les usines les plus petites et les usines les plus grandes dans les deux cas. L'écart important pour les experts-conseils appuie les recherches antérieures selon lesquelles les experts-conseils sont plus susceptibles de cibler les grandes entreprises pour leurs services. Les résultats relatifs aux entreprises associées sont probablement dus au fait que les grandes usines ont simplement plus d'usines associées, d'installations de R-D ou d'autres services internes qui peuvent servir de source d'information.

Il est important de noter que les classements ne rendent pas nécessairement compte des perceptions de la qualité des différentes sources. Une fréquence élevée devrait être interprétée de façon conservatrice en ce qui a trait à la valeur de la source. Par exemple, les magazines spécialisés abordent une gamme variée de technologies, mais un expert-conseil pourra être plus utile pour l'évaluation d'une TFP particulière pour une usine donnée.

6.1.2 Taux d'utilisation des TFP selon les sources d'information internes

La question de l'enquête portant sur les sources d'information internes est identique dans sa structure à la question sur les sources externes. Neuf sources internes sont citées. Le tableau 6.2 donne les résultats selon la taille de l'usine, en ordre descendant de fréquence de citation de chaque source par toutes les usines.

Tableau 6.2 Pourcentage d'utilisateurs de TFP qui citent des sources internes d'idées pour l'adoption de TFP, selon la taille de l'usine

	Nombre d'employés				Toutes les
Sources internes	**10 - 49**	**50 - 99**	**100 – 249**	**250 +**	**usines**
Personnel de production	64 %	76 %	76 %	83 %	69 %
Personnel de conception	54 %	63 %	62 %	73 %	58 %
Service d'ingénierie de production	47 %	64 %	67 %	82 %	55 %
Ventes, commercialisation*	54 %	60 %	55 %	59 %	56 %
Service de recherche	50 %	55 %	58 %	64 %	47 %
Service de développement expérimental	42 %	51 %	52 %	60 %	46 %
Siège social de l'entreprise	36 %	49 %	56 %	64 %	43 %
Usines associées	20 %	34 %	51 %	66 %	30 %
Programme de surveillance des technologies	22 %	25 %	20 %	37 %	23 %

* Aucune différence statistiquement significative par rapport à la moyenne. Pour toutes les autres sources internes, il existe des différences statistiquement significatives par rapport à la fréquence moyenne d'utilisation.

Le personnel de production est la source la plus fréquemment citée par toutes les catégories de taille. Les deux sources suivantes en importance sont le service d'ingénierie de la production et le personnel de conception, sauf pour les usines qui comptent moins de 50 employés, dans le cas de l'ingénierie de production. Cela peut s'expliquer par le fait que de nombreuses usines plus petites sont moins susceptibles de recruter des ingénieurs de production (des procédés).

Comme c'est le cas pour les sources externes, le classement des sources internes est similaire selon les catégories de taille d'usine. Les différences les plus marquées entre la catégorie la plus petite et la catégorie la plus grande ont trait aux ventes et à la commercialisation, ainsi qu'à l'ingénierie de la production. Le classement des ventes et de la commercialisation diminue, passant du troisième rang pour les entreprises les plus petites au sixième rang pour les entreprises les plus grandes, tandis que le classement de l'ingénierie de la production augmente avec la taille de l'usine, passant du cinquième rang pour les usines les plus petites au deuxième rang pour toutes les autres catégories de taille. La différence selon la taille de l'usine quant à l'importance de l'ingénierie de la production fait ressortir l'absence de ressources comparables dans les petites usines.

6.1.3 Utilisation des TFP selon le nombre de sources d'information

Comment les sources internes et externes d'information sont-elles liées à l'utilisation des TFP? De façon plus particulière nous nous intéressons aux trois questions suivantes.

1. Est-ce que la présence d'un réseau d'information, c'est-à-dire d'une diversité de sources, joue un rôle quant à l'utilisation des TFP? Autrement dit, y a-t-il une corrélation entre le nombre moyen de sources citées et le nombre de TFP qui ont été adoptées?
2. Les modèles d'utilisation pour des sources particulières varient-ils selon l'intensité de l'utilisation des TFP? Par exemple, les usines qui n'utilisent que quelques TFP ont-elles accès à des sources différentes de celles des usines qui utilisent un nombre important de TFP? La réponse à cette question est particulièrement pertinente dans le cas des sources externes, où des politiques pourraient permettre aux usines d'en apprendre davantage au sujet des TFP potentiellement profitables.
3. Les sources d'information externes constituent-elles une solution de rechange appropriée aux sources internes?

Le tableau 6.3 fournit certaines réponses à la première question sur les effets des réseaux d'information.

Tableau 6.3 Coefficients de corrélation entre le nombre de TFP utilisées et le nombre de sources d'information internes et externes citées

	Nombre d'employés							
	10 - 49		50 - 99		100 - 249		250 +	
Source d'information	Nombre moyen cité[1]	c.c.	Nombre moyen cité[1]	c.c.	Nombre moyen cité[1]	c.c.	Nombre moyen cité[1]	c.c.
Sources internes et externes combinées	7,4	,321	8,9	,330	9,3	,389	11,1	,330
Sources internes seulement	3,9	,336	4,8	,332	5,0	,409	5,9	,322
Sources externes seulement	3,5	,220	4,1	,243	4,3	,254	5,2	,258

Tous les coefficients sont statistiquement significatifs avec $p < ,000$.
1: Nombre moyen de sources d'information citées selon la catégorie de taille.

Pour les quatre catégories de taille d'entreprise, il existe une corrélation positive et importante entre le nombre de sources d'information citées et le nombre de TFP utilisées. En général, les coefficients de corrélation sont plus grands pour les sources internes, ce qui signifie que ces dernières ont un rapport plus étroit avec le nombre de TFP utilisées que les sources externes.

Le tableau 6.4 fournit des résultats pertinents pour la deuxième question, à savoir : y a-t-il des différences quant aux types de sources externes qui sont utilisées par les usines qui ont modèles d'utilisation des TFP différents? La comparaison se fait entre les usines qui utilisent uniquement des TFP à maturité et les usines qui utilisent d'autres types de TFP, et entre les usines qui utilisent cinq TFP ou plus et les usines qui utilisent moins de cinq TFP. Les résultats qui figurent au tableau 6.4 se limitent aux usines qui comptent moins 100 employés et sont fournis en ordre descendant pour les usines qui n'utilisent que des TFP à maturité. Les résultats pour les grandes entreprises (non fournis) sont similaires.

Un pourcentage plus faible d'usines qui n'utilisent que des TFP à maturité, ou qui utilisent moins de 5 TFP, citent chaque source d'information externe. Par exemple, 67 % des usines qui n'utilisent que des TFP à maturité citent les foires commerciales, comparativement à 77 % des autres usines. En deuxième lieu, l'ordre de classement pour chaque source interne est identique avec une exception mineure : le classement des fournisseurs et des clients est inversé dans la comparaison de l'utilisation de cinq TFP ou plus. La similitude des classements indique que les usines qui utilisent moins les TFP n'ont pas recours à des sources d'information externes différentes. Elles sont simplement moins susceptibles de citer chacune de ces sources.

Tableau 6.4 Pourcentage d'usines qui citent une source externe d'information, selon l'utilisation des TFP

	Utilisation de TFP à maturité seulement		Utilisation de 5 TFP ou plus	
Source externe	**Non**	**Oui**	**Non**	**Oui**
Foires commerciales, conférences, publications	77 %	67 %	73 %	*76 %
Fournisseurs	71 %	57 %	61 %	72 %
Clients	70 %	53 %	55 %	75 %
Autres fabricants dans le secteur	46 %	33 %	38 %	47 %
Firmes d'experts-conseils	41 %	30 %	34 %	42 %
Entreprises associées	39 %	25 %	29 %	40 %
Gouvernements/instituts/associations	19 %	12 %	15 %	20 %
Brevet	15 %	5 %	9 %	16 %
Universités	14 %	5 %	8 %	15 %

* La différence n'est pas statistiquement significative. Toutes les autres différences sont statistiquement significatives avec $p < 0,05$.

La troisième question a trait au remplacement des sources internes par des sources externes. Il s'agit d'une question difficile parce qu'elle porte non seulement sur l'existence de sources internes, mais aussi sur les capacités internes en général.

Une méthode simple pour évaluer cette question, qui est présentée ici, consiste à déterminer le nombre moyen de sources externes qui sont citées par les usines qui indiquent zéro, une, deux et jusqu'à neuf sources internes. On pourrait s'attendre à ce que les usines qui citent très peu de sources internes citent en moyenne davantage de sources externes que de sources internes. Cela fait contraste avec le modèle général selon lequel les usines citent davantage de sources internes qu'externes.

Les résultats vont dans ce sens, le modèle de citation étant différent pour les usines qui citent trois sources internes ou moins et celles qui citent quatre sources ou plus. Les usines qui citent trois sources internes ou moins citent en moyenne 1,8 source interne et 2,7 sources externes. L'inverse se produit pour les usines qui citent quatre sources internes ou plus, avec une citation moyenne de 5,8 sources internes et de 4,5 sources externes. Ces résultats laissent supposer que les usines qui ont très peu de sources internes ont recours à des sources d'information externes.

6.2 Formation

L'utilisation des TFP nécessite une base de compétences complémentaire. Les efforts visant à répondre à ce besoin font augmenter la probabilité d'utilisation réussie des TFP, ce qui mène à l'adoption de TFP additionnelles. Ainsi, on s'attend à des taux d'utilisation plus élevés de la part des compagnies qui ont des programmes officiels de formation. D'autres recherches ont montré un lien positif entre la formation et l'adoption des TFP (Shapira et Rephann, 1997) et avec la probabilité de mise en œuvre réussie d'une TFP (Hottenstein et coll., 1999).

Dans l'Enquête de 1998, on demandait aux répondants des usines qui utilisent des TFP si elles avaient offert cinq types différents de formation « en relation avec l'utilisation des technologies de pointe au cours des trois dernières années » : aptitude à lire/écrire/compter/calculer, connaissances en informatique, compétences techniques, maintien de la qualité, qualifications relatives à la sécurité. Le pourcentage d'usines qui fournissent de la formation aux employés et chacun des cinq types de formation énumérés augmente avec la taille de l'usine. Les résultats pertinents sont fournis au tableau 6.5.

Tableau 6.5 Pourcentage d'usines qui fournissent de la formation selon l'utilisation de TFP à maturité et les plans d'adoption d'autres TFP à l'avenir

	10 – 99 employés		100 employés et plus	
Type de formation	**Autres TFP**	**TFP à maturité seulement**	**Autres TFP**	**TFP à maturité seulement**
Aptitude à lire/écrire/compter/calculer	20 %	13 %	41 %*	27 %*
Connaissances en informatique	64 %	41 %	81 %	68 %
Compétences techniques	66 %	44 %	83 %	64 %
Maintien de la qualité	60 %	37 %	80 %	47 %
Qualifications relatives à la sécurité	61 %	44 %	82 %	61 %
	Plan d'adoption	**Aucun plan**	**Plan d'adoption**	**Aucun plan**
Aptitude à lire/écrire/compter/calculer	19 %*	18 %*	39 %*	40 %*
Connaissances en informatique	63 %	46 %	80 %*	82 %*
Compétences techniques	65 %	50 %	81 %*	84 %*
Maintien de la qualité	59 %	42 %	77 %*	80 %*
Qualifications relatives à la sécurité	61 %	45 %	80 %*	83 %*

* La différence n'est pas statistiquement significative. Toutes les autres différences sont statistiquement significatives avec $p < 0,05$.

De façon générale, un niveau de prévalence relativement élevé de formation est lié à l'utilisation des TFP. Sauf pour l'aptitude à lire/écrire/compter/calculer, chaque type de formation est fourni par plus de 50 % des usines dans chaque catégorie de taille. Toutefois, un pourcentage beaucoup plus faible d'entreprises qui utilisent uniquement des TFP à maturité assurent la formation. Les différences quant à la formation selon les plans d'adoption de TFP additionnelles se limitent aux usines qui comptent moins de 100 employés. Un pourcentage plus élevé de petites entreprises qui prévoient adopter des TFP assurent la formation, sauf en ce qui a trait à l'aptitude à lire/écrire/compter/calculer.

6.3 Capacités de R-D

La R-D peut améliorer la capacité d'une entreprise d'utiliser des compétences techniques et augmenter par conséquent sa capacité d'intégration (Papaconstantinou et coll., 1996). Dans le cadre de l'enquête de 1989 sur l'industrie canadienne de la fabrication, les activités de R-D d'une usine avaient une influence considérable sur l'utilisation des technologies (Baldwin et Diverty, 1995). Les usines qui effectuaient leur propre R-D étaient aussi plus susceptibles d'utiliser des TFP que les usines qui donnaient la R-D à contrat.

L'Enquête de 1998 comprend des questions sur les capacités de R-D de l'usine ou de l'entreprise à laquelle l'usine appartient, ainsi que les méthodes utilisées par l'usine pour adopter les TFP. Certaines de ces questions ne faisaient pas partie des deux enquêtes précédentes et nécessitent par conséquent une attention particulière. En outre, ces questions sont pertinentes à l'égard des théories récentes de l'innovation, comme le rôle de la capacité d'intégration à l'égard de l'innovation et la nécessité d'activités formelles de R-D, par rapport à d'autres capacités internes, pour l'innovation.

Le tableau 6.6 fournit les taux d'utilisation des TFP selon trois catégories d'activités de R-D de l'entreprise qui possède l'usine : l'entreprise n'effectue aucune R-D, l'entreprise effectue de la R-D occasionnellement et à contrat seulement, et l'entreprise effectue de la R-D régulièrement au niveau interne. Cette dernière catégorie comprend aussi certaines entreprises qui effectuent de la R-D occasionnellement ou à contrat *en plus* de la R-D effectuée régulièrement au niveau interne. À partir de toutes les mesures de l'utilisation des TFP, les usines qui appartiennent à des entreprises qui effectuent de la R-D régulièrement ont les taux les plus élevés d'utilisation des TFP[13].

[13] Les résultats sont similaires lorsqu'ils sont calculés séparément pour les petites usines (< 100 employés) et les grandes usines (100 employés et plus).

Tableau 6.6 Utilisation des TFP selon les activités de R-D de l'entreprise de contrôle

	Aucune R-D	R-D occasionnellement ou à contrat	R-D régulièrement au niveau interne
Pourcentage d'usines par catégorie[1]	45,1	22,5*	32,4
Utilisation d'une TFP ou plus	63 %	82 %	91 %
Utilisation de 5 TFP ou plus	30 %	50 %	65 %
Utilisation de TFP à maturité seulement	18 %	18 %	14 %
Investissement dans les TFP > 25 % de l'investissement total de l'usine	22 %	28 %	33 %
Nombre moyen de TFP utilisées	3,3	5,7	7,4

Il existe des différences statistiquement significatives ($p < 0,05$) par rapport à la moyenne pour toutes les mesures de l'utilisation des TFP.

* Un nombre légèrement plus élevé d'entreprises qui effectuent de la R-D occasionnellement (30,2 %) effectuent de la R-D à contrat que d'entreprises qui effectuent régulièrement de la R-D (24,6 %).

1: Les pourcentages totalisent 100 % pour cette ligne, ce qui rend compte de toutes les usines visées par l'enquête.

Le tableau 6.7 fournit des indicateurs de base des taux d'utilisation des TFP parmi les entreprises qui effectuent de la R-D, selon la responsabilité du service chargé de la R-D. On a demandé aux répondants des entreprises qui effectuent une catégorie ou une autre de R-D si le service de R-D était responsable de chacune des quatre activités suivantes : création de produits originaux, implantation de matériel ou de procédés acquis dans le commerce, adaptation de technologie acquise d'autres entreprises, et création de matériel original ou de nouveaux procédés techniques. Le nombre de TFP utilisées est plus grand dans les usines qui peuvent créer du matériel original. Les usines dont les services de R-D se limitent à créer des produits originaux ont généralement le taux d'utilisation le plus faible des TFP. Les entreprises qui adaptent de la technologie de production acquise d'autres entreprises ont l'utilisation la plus élevée d'au moins une TFP.

En résumé, les taux d'utilisation des TFP sont supérieurs dans les entreprises qui effectuent de la R-D ou utilisent des ressources de R-D externes que dans les entreprises qui n'ont pas de capacités de R-D. Toutefois, il existe des différences importantes quant aux taux d'utilisation des TFP parmi les entreprises qui effectuent de la R-D, selon le type de R-D effectuée. Les taux d'utilisation des TFP sont les plus élevés parmi les entreprises qui peuvent adapter ou créer une nouvelle technologie de production. Les entreprises qui ont une capacité de R-D du point de vue des procédés utilisent davantage les TFP que les usines qui ont une capacité de R-D relative aux produits seulement.

Tableau 6.7 Utilisation des TFP selon les activités de R-D de l'entreprise de contrôle (résultats pour les entreprises qui effectuent de la R-D seulement)

	Activités de R-D de l'entreprise[1]			
	R-D relative aux produits seulement	Procédés acquis dans le commerce	Adaptation de technologie	Nouvelle technologie de production
Pourcentage d'entreprises qui effectuent de la R-D dans cette catégorie[2]	14,4	6,1	21,0	58,5
Utilisation d'une TFP ou plus	84 %	87 %	94 %	89 %
Utilisation de 5 TFP ou plus	49 %	56 %	62 %	62 %
Utilisation de TFP à maturité seulement*	14 %	18 %	19 %	15 %
Investissement dans les TFP > 25 %*	25 %	35 %	33 %	32 %
Nombre moyen de TFP utilisées	5,2	5,6	6,5	7,4

* Les différences ne sont pas statistiquement significatives par rapport à la moyenne. Autrement, il existe des différences statistiquement significatives ($p < 0,05$) par rapport à la moyenne pour toutes les autres mesures de l'utilisation des TFP.
1: La responsabilité des quatre activités indiquées dans le tableau est cumulative de gauche à droite. Par exemple, les entreprises qui sont responsables de l'implantation de « matériel ou de procédés acquis dans le commerce » peuvent aussi effectuer de la R-D au niveau des produits, mais les entreprises qui n'effectuent de la R-D qu'au niveau des produits n'ont aucune autre activité parmi les trois mentionnés. Les entreprises qui créent du « matériel original ou de nouveaux procédés techniques » ont aussi l'une ou l'autre des trois autres responsabilités en matière de R-D.
2: Les pourcentages totalisent 100 % pour cette ligne, ce qui rend compte de toutes les usines visées par l'enquête.

6.4 Méthode d'introduction des TFP

La somme d'efforts nécessaires pour adopter avec succès une nouvelle technologie de fabrication dans une usine existante est souvent sous-estimée par les fabricants, ce qui donne lieu à un taux élevé d'échec en ce qui a trait à l'adoption des TFP (Montgomery et Levine, 1996). Les capacités du point de vue de l'ingénierie des procédés peuvent réduire substantiellement ces risques.

Dans le cadre de l'Enquête de 1998, on a demandé aux entreprises de quelle façon elles introduisaient les technologies de pointe et on leur a proposé quatre méthodes : « en achetant du matériel disponible dans le commerce », « en produisant la technologie sous licence », « en personnalisant ou modifiant beaucoup une technologie existante », et « en mettant au point une technologie complètement nouvelle (seule ou en collaboration) ». Il existe une tendance claire quant aux capacités internes dont une usine a besoin pour utiliser chaque méthode, à savoir des capacités minimes dans le cas de l'achat de matériel disponible dans le commerce et des capacités exhaustives, dans le cas de la mise au point d'une technologie complètement nouvelle. Pour simplifier l'analyse, deux méthodes, l'achat de matériel disponible dans le commerce et la production sous licence, sont combinées. Toutes les usines qui ont répondu à cette question sont réparties entre les trois catégories, selon leur méthode la plus poussée d'introduction d'une TFP. Par exemple, une entreprise qui utilise à la fois la personnalisation au niveau interne et qui met au point une technologie complètement nouvelle est classifiée dans la dernière catégorie.

La méthode utilisée pour introduire des TFP varie selon la taille de l'usine : 53 % des usines qui comptent de 10 à 49 employés se limitent à acheter du matériel disponible dans le commerce, comparativement à 23 % des usines qui comptent plus de 250 employés. Les pourcentages sont inverses en ce qui a trait à la mise au point d'une technologie complètement nouvelle au niveau interne, qui est présente dans 23 % des usines comptant de 10 à 49 employés, comparativement à 48 % des usines les plus importantes.

Le tableau 6.8 donne les taux d'utilisation des TFP selon la méthode utilisée pour introduire des technologies de pointe dans l'usine. Les résultats se limitent aux entreprises qui ont adopté au moins une TFP. L'utilisation des TFP augmente de façon évidente avec la capacité de l'usine d'adapter les TFP à ses propres besoins, des taux d'utilisation des TFP beaucoup plus faibles étant enregistrés dans les usines qui se limitent à acheter du matériel disponible dans le commerce ou à produire la technologie sous licence[14].

Tableau 6.8 Utilisation des TFP selon la méthode d'introduction des TFP par l'usine

	Achat de matériel disponible dans le commerce uniquement	Personnalisation au niveau interne	Mise au point d'une nouvelle technologie au niveau interne
Pourcentage des utilisateurs de TFP dans cette catégorie[1]	46,1	25,7	28,2
Utilisation de 5 TFP ou plus	47 %	61 %	76 %
Utilisation de TFP à maturité seulement	30 %	19 %	11 %
Investissement dans les TFP > 25 %	30 %	33 %	40 %
Nombre moyen de TFP utilisées	5,2	7,0	8,8

Différences statistiquement significatives ($p < 0,05$) par rapport à la moyenne pour toutes les mesures de l'utilisation des TFP.

1: Les pourcentages totalisent 100 % pour cette ligne, ce qui rend compte de toutes les usines visées par l'enquête.

Le tableau 6.9 examine les effets de la capacité de R-D sur la méthode d'introduction des nouvelles technologies. Comme il fallait s'y attendre, les usines qui appartiennent à des entreprises qui n'effectuent pas de R-D sont les plus susceptibles de se limiter à acheter du matériel disponible dans le commerce ou à produire la technologie sous licence (61 %), tandis que les usines qui effectuent régulièrement de la R-D au niveau interne sont plus susceptibles de mettre au point une technologie au niveau interne (42 %).

[14] Les résultats sont similaires lorsqu'ils sont calculés séparément pour les petites usines (< 100 employés) et les grandes usines (100 et plus).

Tableau 6.9 Méthodes utilisées pour introduire des TFP, selon les activités de R-D de l'*entreprise*

Activités de R-D de l'entreprise	Méthode utilisée au niveau de l'usine pour introduire des TFP (se limite aux usines qui utilisent des TFP)			
	Achat de matériel disponible dans le commerce ou production sous licence seulement	Personnalisation/ modification	Mise au point au niveau interne	
Aucune R-D	61 %	24 %	16 %	100 %
Occasionnellement/à contrat	43 %	31 %	26 %	100 %
Régulièrement, au niveau interne	34 %	24 %	42 %	100 %

Un pourcentage important d'usines qui n'ont pas de capacités de R-D personnalisent des TFP (24 %) ou les mettent au point au niveau interne (16 %), tandis que les usines qui ont des capacités internes de R-D achètent aussi des TFP disponibles dans le commerce (34 %). Ces résultats montrent que la capacité d'ingénierie des procédés, à savoir la capacité d'élaborer ou de personnaliser des TFP, chevauche les capacités de R-D, mais n'est pas équivalente. Certaines usines qui n'ont pas accès à un service de R-D peuvent élaborer des TFP au niveau interne ou en adapter à leurs propres besoins.

La distinction entre la capacité d'ingénierie des procédés et les capacités « génériques » de R-D ressort davantage lorsque l'on examine le rapport entre les responsabilités en matière de R-D et la méthode d'introduction des TFP. On s'attendrait à ce que les usines qui appartiennent à des entreprises dont la R-D se limite aux produits, ou qui ne créent et n'adaptent pas de matériel de production, soient plus susceptibles d'acheter des TFP disponibles dans le commerce. C'est ce qui se produit, comme le montre le tableau 6.10.

Les usines qui appartiennent à des entreprises dont les services de R-D se limitent à élaborer de nouveaux produits ont le taux le plus élevé d'adoption de TFP disponibles dans le commerce (56 %) et le taux le plus faible de mise au point de TFP au niveau interne (17 %). Par contre, les usines qui appartiennent à des entreprises dont les services de R-D créent du « matériel original ou de nouveaux procédés techniques » ont le taux le plus faible d'adoption de TFP disponibles dans le commerce (29 %) et le taux le plus élevé de mise au point de TFP au niveau interne (46 %).

Tableau 6.10 Méthode d'introduction des TFP selon la responsabilité du service de R-D

	Méthode d'introduction des TFP de l'*usine* (se limite aux entreprises qui effectuent de la R-D qui utilisent des TFP)			
Responsabilité de R-D de l'*entreprise*	**Achat de matériel disponible dans le commerce ou production sous licence seulement**	**Personnalisation ou modification**	**Mise au point au niveau interne**	
R-D au niveau des produits seulement	56 %	27 %	17 %	100 %
Adoption de procédés disponibles dans le commerce	51 %	24 %	25 %	100 %
Adaptation de la technologie	46 %	29 %	25 %	100 %
Création de procédés	29 %	25 %	46 %	100 %

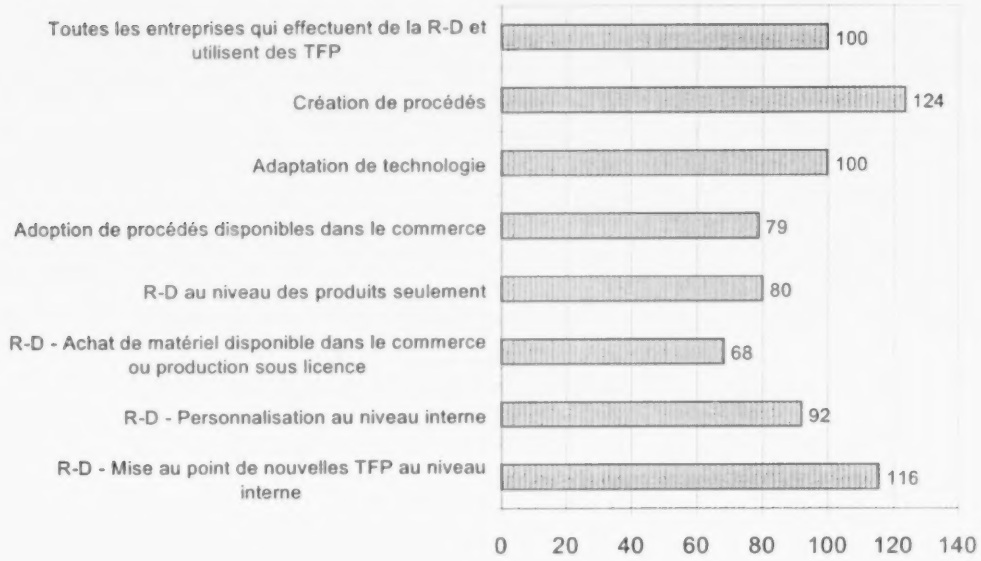
1: La responsabilité des quatre activités figurant dans le tableau est cumulative de haut en bas.

Le graphique 6.1 fournit des indices de taux moyen d'utilisation des TFP[15], selon deux mesures des capacités des usines : méthode d'adoption et responsabilités du service de R-D. Les indices du taux moyen d'utilisation des TFP démontrent encore une fois que la capacité d'ingénierie de procédés constitue un facteur important de l'adoption des TFP. Par exemple, l'indice du taux moyen d'utilisation des TFP pour la mise au point de nouvelles TFP au niveau interne (124) est supérieur à l'indice du taux d'utilisation pour les entreprises qui ont des responsabilités de création de procédés de R-D (116). De même, l'indice du taux d'utilisation pour la personnalisation au niveau interne est plus grand que celui des entreprises dont les services de R-D sont responsables de l'adaptation de technologies. Ces différences montrent que la contribution des autres services au processus de mise en œuvre des technologies a un effet sur l'adoption des TFP. Si l'on se reporte aux résultats relatifs à l'importance des diverses ressources internes comme sources d'information relativement à l'adoption des TFP (section 6.1), on pourrait penser qu'il s'agit du service d'ingénierie et du personnel de production.

En conclusion, les résultats démontrent que les capacités d'ingénierie de procédés et de R-D des produits sont distinctes et que les capacités d'ingénierie des procédés ont davantage d'effet sur l'adoption des TFP que les capacités « génériques » de R-D. Même si les capacités de R-D entraînent une utilisation accrue des technologies, le *type* de R-D effectuée par l'entreprise joue un rôle crucial. Il existe une distinction entre la R-D relative aux produits et les capacités d'ingénierie des procédés, ces dernières ayant un plus grand effet sur l'adoption des TFP.

[15] L'indice est égal au nombre moyen de technologies utilisées par les entreprises dans une catégorie particulière divisé par le nombre moyen de technologies utilisées dans la population, fois 100.

Graphique 6.1 Capacités de R-D et d'ingénierie des procédés
Indices du taux moyen d'utilisation



6.5 Stratégies de l'entreprise

Les TFP permettent aux entreprises de disposer des capacités technologiques nécessaires pour être concurrentielles, à de nombreux égards. Les stratégies de l'entreprise qui reposent sur ces capacités devraient donc comporter une corrélation positive avec une plus grande utilisation des TFP.

Parmi les nombreux modèles différents de stratégies d'entreprise, celui de Michael Porter (1980) est fréquemment cité, étant donné que ses éléments peuvent être facilement liés aux caractéristiques opérationnelles. Le modèle de 1980 de Porter comporte trois stratégies génériques — domination du marché par les coûts, différenciation des produits et production centrée sur le marché — ce qui correspond aux diverses positions stratégiques d'une branche d'activité. Ces trois stratégies englobent deux aspects : différenciation des produits et production centrée sur le marché. Ce dernier aspect correspond au choix du secteur de concurrence dans le marché (c.-à-d. les segments de produit), tandis que la différenciation des produits met l'accent sur la concurrence liée aux caractéristiques des divers produits, comme le coût ou la qualité.

Même si la réduction des coûts constitue une stratégie d'entreprise importante, la différenciation des produits dans les marchés actuels joue un rôle aussi grand. La différenciation des produits englobe un niveau de qualité supérieur, un accès plus rapide au marché et la personnalisation des produits. Dans le modèle de Porter, les chercheurs ont déterminé que la différenciation des produits constitue l'aspect qui comporte le lien le plus direct avec les capacités technologiques (Kim et Lee, 1993; Swink et Hegarty, 1998). À cet égard, on s'attendrait à ce que les stratégies d'entreprise qui mettent l'accent sur la différenciation des produits entraînent une plus grande utilisation des TFP.

Même si les chercheurs n'ont pas étudié de façon particulière les stratégies d'entreprise comme facteurs déterminants de l'utilisation des TFP, il existe une somme importante de travaux qui font un lien entre les avantages techniques des TFP et la stratégie concurrentielle. Small (1998) a tenté de déterminer si les utilisateurs de TFP attribuent divers niveaux d'importance à ces avantages lorsqu'ils décident d'adopter une TFP. Ils concluent que l'amélioration de la qualité des produits et la réduction des délais de production (deux aspects de la différenciation des produits) sont les objectifs les plus importants. Les objectifs commerciaux plus généraux, comme l'obtention d'une part de marché, jouent un rôle moins important.

Dans le cadre de l'Enquête de 1998, on a demandé aux répondants l'importance pour leur entreprise de sept stratégies d'entreprise. Les données présentées ci-dessous sont fondées sur l'importance la plus grande (pourcentage de répondants d'une catégorie donnée qui ont attribué le plus grand nombre de points à chaque stratégie d'entreprise)[16].

Le tableau 6.11 présente les taux d'utilisation des TFP pour les entreprises qui ont accordé l'importance la plus élevée ou un autre niveau d'importance (plus faible) à chaque stratégie d'entreprise. Le pourcentage d'usines qui utilisent 5 TFP ou plus et le nombre moyen de TFP utilisées semblent être les meilleures mesures des différences quant à l'utilisation des TFP selon la stratégie. À partir de ces deux indicateurs, quatre des sept stratégies comportent un lien étroit avec l'utilisation des TFP : mise au point de nouveaux produits, mise au point d'une nouvelle technologie de fabrication, recours à des équipes, et formation technique continue. Le lien le plus étroit entre les stratégies d'entreprise et l'utilisation des TFP a trait aux équipes interfonctionnelles et à la formation technique continue. Il s'agit de deux stratégies qui contribuent à l'établissement des capacités internes de l'entreprise.

[16] Par exemple, lorsque la note la plus élevée accordée par un répondant est 4, et que cette note est accordée à « mise au point de nouveaux produits » et « recours à des équipes », ce répondant accorde une importance « élevée » à ces deux stratégies et une « faible » importance aux cinq autres stratégies.

Tableau 6.11 Utilisation des TFP selon la stratégie d'entreprise

Stratégie d'entreprise	Indicateur de l'utilisation des TFP (pourcentage d'usines dans chaque catégorie de stratégie ou moyenne)					
	Importance de la stratégie	1 TFP ou plus	5 TFP ou plus	TFP à maturité seulement	Investissement dans les TFP >25%	Nombre moyen de TFP utilisées
Mise au point de nouveaux produits	Faible	75	42	**18**	27	4,8
	Élevée	**79**	**50**	14	27	**5,8**
Pénétration de nouveaux marchés	Faible	**78**	46	18	27	5,3
	Élevée	74	45	16	26	5,0
Réduction des coûts de fabrication	Faible	75	43	18	23	4,7
	Élevée	77	47	16	**28**	**5,3**
Mise au point d'une nouvelle technologie de fabrication	Faible	76	43	18	22	4,8
	Élevée	76	**50**	15	**36**	**5,8**
Utilisation de nouveaux matériaux	Faible	**79**	**48**	17	27	**5,3**
	Élevée	70	39	16	27	4,8
Recours à des équipes	Faible	76	43	**19**	25	4,7
	Élevée	77	**51**	12	**30**	**6,1**
Formation technique continue	Faible	76	43	**18**	24	4,8
	Élevée	77	**50**	14	**32**	**6,0**

Les différences statistiquement significatives ($p < ,05$) quant à l'utilisation des TFP entre les entreprises qui accordent à chaque stratégie une importance « faible » et une importance « élevée » sont indiquées en caractères gras.

Le tableau 6.12 donne le pourcentage d'usines dans chaque catégorie de taille qui accordent l'importance la plus élevée à chaque stratégie d'entreprise. Les répondants sont plus nombreux dans les grandes entreprises que dans les petites à se préoccuper de la réduction des coûts et du recours à des équipes. Toutefois, les différences selon la taille de l'usine sont relativement minimes. Il convient de souligner que la réduction des coûts est la stratégie la plus importante pour toutes les catégories de tailles d'usine.

Tableau 6.12 Pourcentage de répondants selon la taille de l'usine qui accorde l'importance la plus élevée à une stratégie d'entreprise

	Nombre d'employés			
	10 - 49	50 - 99	100 - 249	250+
Mise au point de nouveaux produits	38	43	43	42
Pénétration de nouveaux marchés*	44	47	41	41
Réduction des coûts de fabrication	73	75	80	81
Mise au point d'une nouvelle technologie de fabrication*	38	39	32	35
Utilisation de nouveaux matériaux	30	21	19	17
Recours à des équipes	33	34	33	43
Formation technique continue*	34	32	30	38

* Aucune différence significative au niveau statistique par rapport à la moyenne pour toutes les usines combinées.

6.6 Pratiques de pointe

Il est largement reconnu que les entreprises doivent procéder à des changements exhaustifs de leurs structures d'organisation et de leurs pratiques de gestion (pratiques de pointe) pour intégrer avec succès des TFP dans leurs opérations[17]. L'entreprise peut procéder à ces changements avant de commencer à utiliser des TFP ou après, mais leur mise en œuvre entraînera probablement un investissement considérable.

Le niveau d'intégration entre les fonctions commerciales et les fonctions de fabrication a des répercussions sur la somme d'avantages découlant de l'utilisation des TFP et la nature de ces avantages. Il existe un lien étroit entre l'utilisation des TFP et le recours à des équipes multifonctionnelles de concepteurs et à la conception technique simultanée, ce qui laisse supposer un rapport de complémentarité (Hottenstein et coll., 1999). La conception technique simultanée et les équipes multifonctionnelles de concepteurs appuient l'utilisation des bases de connaissances de l'entreprise. L'utilisation de pratiques organisationnelles de pointe visant à systématiser les connaissances et les ressources augmente les capacités de production de l'entreprise. Gate (1997) a trouvé des différences dans les taux de mise en œuvre des pratiques entre les grandes usines et les petites et entre les usines qui font partie d'entreprises qui possèdent plusieurs usines et les usines autonomes.

Dans le cadre de l'Enquête de 1998, on a demandé aux répondants s'ils utilisaient régulièrement chacune des 12 pratiques de pointe liées à la fabrication figurant dans la liste[18]. Trois catégories de réponses étaient fournies : oui, non, ou « sans objet ». Nous partons du principe que les réponses « sans objet » ont été données par les usines qui n'utilisent pas la pratique en question. Les résultats selon la taille de l'usine sont fournis au tableau 6.13.

[17] Voir OCDE, 1997; Millen et Sohal, 1998; Hottenstein et coll., 1999; Tracey et coll., 1998.

[18] Même si l'on utilise le terme « pratiques commerciales » dans l'Enquête de 1998, le terme « pratiques organisationnelles et de gestion » constitue une meilleure description de ces pratiques.

L'utilisation de chaque pratique augmente monotonement selon la taille de l'entreprise pour chaque pratique commerciale. Le nombre moyen de pratiques utilisées régulièrement est de 2,7 pour la catégorie des usines les plus petites et de 7,2 pour la catégorie des usines les plus grandes. Le lien étroit entre les pratiques de pointe et la taille de l'usine fait ressortir à la fois la nécessité d'établir des pratiques plus systématiques lorsque la taille de l'usine augmente, ainsi qu'une plus grande sensibilisation à l'égard de ces techniques dans les usines plus grandes.

Tableau 6.13 Pourcentage d'usines déclarant avoir utilisé une pratique de pointe, selon la catégorie d'emploi

	Nombre d'employés				Toutes
Pratique de pointe	**10 – 49**	**50 – 99**	**100 - 249**	**250+**	**les usines**
Amélioration continue	40	55	72	84	49
Contrôle de l'inventaire juste à temps	36	42	50	60	40
Accréditation des fournisseurs	28	45	55	70	36
Analyse comparative	27	39	60	75	35
Attestation de l'usine	24	49	60	74	34
Gestion électronique des bons de fabrication	23	31	49	64	29
Équipes multifonctionnelles de concepteurs	23	29	50	68	29
Conception technique simultanée	24	33	40	59	29
Contrôle statistique des processus (CSP)	14	29	41	68	23
Déploiement de la fonction qualité (DFP)	18	24	34	46	22
Simulation des processus	7	11	16	31	10
Planification des ressources de distribution (PRD)	8	9	20	23	10
Nombre moyen de pratiques utilisées	2,7	4,0	5,5	7,2	3,5

Chaque pratique comprend des différences significatives selon la taille de l'usine par rapport à la moyenne pour toutes les usines ($p < 0,000$).

Le tableau 6.14 indique la prévalence de chaque pratique de pointe selon le système de production. Les taux les plus élevés pour neuf des 12 pratiques concernent les usines des secteurs utilisant des procédés en continu. Le fait que les usines de ces secteurs soient plus grandes en moyenne n'explique pas cette situation, étant donné que les taux de prévalence dans les petites usines qui utilisent des procédés en continu sont les plus élevés pour dix des 12 pratiques commerciales (résultats non fournis). Cela laisse supposer que des pratiques de pointe peuvent être utilisées dans des usines où le besoin de systématisation est plus grand. Ce besoin est caractéristique des systèmes de production utilisant des procédés en continu, par rapport à la production de pièces distinctes.

Tableau 6.14 Pourcentage d'usines qui utilisent une pratique de pointe, selon le système de production

Pratique de pointe	Pièces distinctes – Non-ingénierie	Pièces distinctes – Ingénierie	Procédés en continu	Mixte
Amélioration continue	42	52	**59**	45
Contrôle de l'inventaire juste à temps	36	43	**44**	36
Accréditation des fournisseurs	26	45	**48**	26
Analyse comparative	31	37	**47**	32
Attestation de l'usine	24	44	**46**	25
Gestion électronique des bons de fabrication	22	**34**	33	31
Équipes multifonctionnelles de concepteurs	21	**36**	33	26
Conception technique simultanée	23	**40**	27	19
Contrôle statistique des processus (CSP)	17	25	**37**	18
Déploiement de la fonction qualité (DFP)	20	23	**27**	20
Simulation des processus	7	12	**17**	8
Planification des ressources de distribution (PRD)	9	11	**17**	7
Nombre moyen de pratiques utilisées	2,8	4,0	**4,3**	2,9

Les résultats en **caractères gras** indiquent la prévalence la plus grande.

Le recours à des équipes multifonctionnelles et à des pratiques de conception technique simultanée est le plus grand dans les usines de fabrication de pièces distinctes, où l'utilisation des TFP est aussi la plus grande. Ce résultat montre que les pratiques qui favorisent l'intégration fonctionnelle et l'utilisation des bases de connaissances servent de complément à l'utilisation des TFP.

6.6.1 Utilisation des TFP selon la pratique de pointe

Le pourcentage d'entreprises qui utilisent des pratiques d'organisation particulières augmente aussi en fonction de l'utilisation des TFP, comme le montre le tableau 6.15. Seulement 20 % des usines qui n'utilisent pas de TFP régulièrement ont recours à l'amélioration continue, comparativement à 41 % des usines qui n'utilisent que des TFP à maturité, et 71 % des usines qui utilisent cinq TFP ou plus.

Tableau 6.15 Pourcentage d'usines qui utilisent une pratique de pointe, selon certains indicateurs de l'utilisation des TFP

Pratique de pointe	Aucune utilisation des TFP	Utilisation de TFP à maturité	Utilisation de 5 TFP ou plus	Toutes les usines
Amélioration continue	20	41	71	49
Contrôle de l'inventaire juste à temps	23	27	52	40
Accréditation des fournisseurs	13	29	54	36
Analyse comparative	12	21	55	35
Attestation de l'usine	10	27	52	34
Gestion électronique des bons de fabrication	5	19	49	29
Équipes multifonctionnelles de concepteurs	8	19	48	29
Conception technique simultanée	7	19	47	29
Contrôle statistique des processus (CSP)	5	12	39	23
Déploiement de la fonction qualité (DFP)	7	13	35	22
Simulation des processus	1	5	18	10
Planification des ressources de distribution (PRD)	2	4	18	10

6.7 Conclusions

Plusieurs indicateurs différents des ressources du secteur de la fabrication sont couverts par l'Enquête de 1998 : utilisation des sources d'information internes et externes, programmes de formation du personnel, capacités de R-D et méthodes d'introduction des TFP, qui vont des achats de matériel disponible dans le commerce à la mise au point interne. Les conclusions principales sont les suivantes.

- Il existe une corrélation importante et positive entre le nombre de sources d'information citées et l'utilisation des TFP, ce qui laisse supposer qu'une diversité de sources d'information joue un rôle important quant à l'adoption des TFP.
- L'utilisation de sources d'information internes et externes varie selon la taille de l'usine, mais la fréquence relative d'utilisation des diverses sources est similaire pour toutes les catégories de taille. Les petites usines n'utilisent pas de sources d'information différentes — elles sont simplement moins susceptibles d'en citer un aussi grand nombre.
- Il existe une corrélation importante et positive entre le nombre de TFP utilisées et le nombre de sources d'information citées. L'effet est le plus grand pour les sources internes.

- Le nombre moyen de sources externes citées passe de 3,5 sources (sur 9) pour les usines qui comptent moins de 50 employés à 5,2 pour les usines qui comptent 250 employés ou plus. Les foires commerciales, conférences et publications sont la source la plus fréquemment citée, suivies par les fournisseurs. Les experts-conseils sont cités beaucoup plus fréquemment par les grandes usines que par les petites.
- La source interne d'idées la plus fréquemment citée en ce qui a trait à l'adoption des TFP est le personnel de production. Les différences les plus grandes selon la taille touchent les ventes et la commercialisation et le service d'ingénierie de la production. Le classement pour le service d'ingénierie de la production augmente avec la taille de l'usine, passant de la cinquième place pour les usines les plus petites à la deuxième place pour toutes les autres catégories de taille.
- Les usines qui ont accès à très peu de sources d'information internes sont en mesure de compenser en partie cette lacune grâce au recours à des sources externes.
- Les sources d'information internes ont un plus grand effet sur l'utilisation des TFP que les sources externes.
- Les programmes de formation du personnel comportent une corrélation positive avec l'utilisation des TFP. Il s'agit notamment : de l'aptitude à lire/écrire/compter/calculer, des connaissances en informatique, des compétences techniques, du maintien de la qualité, et des qualifications relatives à la sécurité. Sauf pour ce qui est de l'aptitude à lire/écrire/compter/calculer, chaque type de formation est assuré par plus de 50 % des usines dans chaque catégorie de taille.
- Le pourcentage d'usines n'utilisant que des TFP à maturité qui assurent la formation du personnel est beaucoup plus faible que pour les usines qui utilisent une ou plusieurs TFP de pointe. La formation influence les plans d'adoption future uniquement dans les usines qui comptent moins de 100 employés. Parmi ces usines, les taux d'adoption prévue sont plus élevés chez celles qui fournissent de la formation que chez celles qui n'en fournissent pas.
- Les taux d'adoption des TFP augmentent avec les capacités de R-D de l'entreprise de contrôle. Les usines qui effectuent de la R-D régulièrement ont les taux d'utilisation des TFP les plus élevés. Les entreprises dont la R-D se limite aux produits adoptent moins de TFP que celles qui ont une capacité de R-D relative aux procédés.
- Les capacités d'ingénierie des procédés ont un effet important sur le taux d'adoption des TFP. Les taux d'adoption des TFP sont plus faibles dans les usines qui se limitent à acheter des TFP disponibles dans le commerce ou qui produisent des TFP sous licence, que dans celles qui sont en mesure de personnaliser ou de modifier des TFP. Environ trois fois plus d'usines qui achètent des TFP disponibles dans le commerce ou produisent de la technologie sous licence utilisent uniquement des TFP à maturité.
- Les capacités de R-D ne constituent pas une condition préalable à la capacité d'élaborer des TFP. Au total, 40 % des usines qui n'ont pas accès à des capacités de R-D adaptent ou élaborent de nouvelles TFP.
- Les usines contrôlées par des entreprises qui mentionnent quatre stratégies d'entreprise — mise au point de nouveaux produits, mise au point d'une nouvelle technologie de fabrication, recours à des équipes et formation technique continue — ont des taux d'utilisation des TFP supérieurs à ceux des usines qui accordent moins d'importance à ces stratégies.

- Deux stratégies d'entreprise « formation technique continue » et « recours à des équipes » peuvent contribuer à l'établissement de capacités techniques internes.
- L'utilisation de pratiques d'organisation et de gestion de pointe augmente monotonement selon la taille de l'usine.
- Le recours à des équipes multifonctionnelles et à des pratiques de conception technique simultanée est le plus grand dans les secteurs d'ingénierie de composants discrets. Ce résultat appuie l'hypothèse selon laquelle les pratiques qui favorisent l'intégration fonctionnelle en vue de l'utilisation des bases de connaissances servent de complément à l'utilisation des TFP. Neuf des dix autres pratiques se retrouvent plus fréquemment dans les secteurs qui utilisent des procédés en continu.

7 Facteurs environnementaux

L'Enquête de 1998 comprend des questions sur trois facteurs environnementaux, ou externes, qui ont une influence sur la décision d'adopter des TFP. Ces questions ont trait à la disponibilité d'employés qualifiés, aux obstacles externes à l'adoption des TFP et au nombre de concurrents.

7.1 Pénuries d'employés qualifiés

Les investissements publics pour l'élaboration de programmes d'études et de formation, en vue d'augmenter l'offre de travailleurs qualifiés, constituent un enjeu politique clé lié à l'utilisation des technologies de pointe. Les TFP, par définition, nécessitent des compétences en informatique, qui ne sont pas nécessaires pour l'utilisation des technologies conventionnelles de production. Plusieurs études ont démontré qu'une pénurie de travailleurs qualifiés constituent un obstacle majeur à l'adoption des TFP (Northcott et Vickery, 1993).

Le rapport inféré entre l'utilisation des TFP et les pénuries de compétences doit être abordé avec précaution. Les non-utilisateurs de TFP pourraient eux aussi faire face à des pénuries de compétences advenant une pénurie générale de travailleurs qualifiés (Texeira, 1998). Dans le cadre des enquêtes effectuées dans les années 80, on n'a pas trouvé de différence significative quant aux pénuries de compétences entre les utilisateurs de TFP et les non-utilisateurs, ou entre les usines qui utilisaient des TFP simples et autonomes ou des systèmes complexes et intégrés (Northcott et Vickery, 1993). Le recrutement d'employés qualifiés représente peut-être davantage un coût d'adoption qu'un obstacle à l'adoption.

Dans le cadre de l'Enquête de 1998, on a interrogé les utilisateurs de TFP sur les pénuries au niveau de l'usine pour 20 occupations spécialisées, dans quatre groupes professionnels, au cours de l'année précédente. Les quatre groupes professionnels comprennent : les professionnels détenant un diplôme universitaire (six catégories), les gestionnaires (trois catégories), les techniciens (sept catégories), et les métiers (quatre catégories). Les résultats se limitent à ces quatre groupes d'employés spécialisés. Les usines qui ont indiqué une pénurie pour l'une ou l'autre des catégories d'emplois à l'intérieur de chaque groupe sont classifiées comme ayant déclaré une pénurie pour ce groupe. Les résultats figurent au tableau 7.1.

Tableau 7.1 Pourcentage d'usines qui déclarent des pénuries d'employés qualifiés, selon quatre groupes professionnels

	Nombre d'employés				Toutes les
	10 - 49	50 - 99	100 - 249	250+	usines
Professionnels[1]	36 %	44 %	50 %	67 %	42 %
Métiers[2]	42 %	40 %	33 %	41 %	40 %
Techniciens[3]	32 %	38 %	39 %	62 %	36 %
Gestionnaires[4]	27 %	34 %	34 %	44 %	31 %
Nombre moyen de pénuries	*2,3*	*2,8*	*2,9*	*4,4*	*2,6*

Tous les groupes professionnels montrent des différences statistiquement significatives par rapport à la moyenne, selon la taille de l'usine ($p < 0.000$).

1: Avec diplôme universitaire en mécanique/aérospatiale, électronique/informatique, chimie/procédés chimiques, procédés industriels/fabrication, spécialistes des sciences ou informaticiens.
2: Machiniste, opérateur de machines, opérateur de matériel électrique, exploitant d'usine.
3: Électronique/informatique, techniciens des sciences, techniciens des sciences d'ingénierie, programmation informatique, administration de réseaux de communications, conception assistée par ordinateur et instrumentation.
4: Gestion de la production, gestion de la conception et gestion des ressources humaines.

Pour trois groupes professionnels, le pourcentage d'usines déclarant des pénuries augmente avec la taille de l'usine. L'exception a trait aux métiers, pour lesquels on ne note pas de tendance selon la taille de l'usine. Sauf pour les usines qui comptent de 10 à 49 employés, les pénuries les plus fréquemment citées touchent les professionnels.

Le tableau 7.2 indique la prévalence des pénuries de personnel pour les usines qui n'utilisent que des TFP à maturité et pour celles qui utilisent des TFP en développement, ainsi que des données sur le pourcentage d'usines qui sont d'avis que toutes les pénuries dans un groupe professionnel sont « sans objet ». Comparativement aux usines qui utilisent des TFP en développement, un pourcentage plus élevé d'usines qui n'utilisent que des TFP à maturité indique que les pénuries dans le groupe professionnel sont « sans objet », et un pourcentage plus faible indique des pénuries d'employés. Une exception a trait aux usines qui comptent de 10 à 99 employés, où il n'y a pas de différence dans le cas des techniciens.

Les usines qui déclarent des pénuries d'employés qualifiés utilisent aussi davantage de TFP que celles qui ne déclarent pas de pénuries (résultats non fournis). Ces résultats, combinés à ceux du tableau 7.2, montrent que la prévalence des pénuries augmente à la fois avec le nombre de TFP utilisées et la complexité technique de ces dernières.

Tableau 7.2 Pourcentage d'usines qui déclarent des pénuries d'employés qualifiés, selon l'utilisation de TFP à maturité par rapport à des TFP en développement

	10 – 99 employés				100 employés et plus			
	TFP en développement		TFP à maturité seulement		TFP en développement		TFP à maturité seulement	
Groupe professionnel[1]	Pénurie	S/O	Pénurie	S/O	Pénurie	S/O	Pénurie	S/O
Professionnels	39 %	17 %	33 %	27 %	57 %	7 %	40 %	21 %
Métiers	43 %	7 %	36 %	15 %	37 %	5 %	21 %	13 %
Techniciens	34 %	13 %	32 %	17 %	49 %	5 %	25 %	8 %
Gestionnaires	31 %	8 %	24 %	11 %	40 %	4 %	19 %	6 %

1: Voir le tableau 7.1a pour une description de chaque groupe professionnel.

7.2 Obstacles à l'utilisation des TFP

L'Enquête de 1998 dresse une liste de dix obstacles à l'adoption des TFP et demande aux répondants d'en indiquer l'importance à partir d'une échelle à cinq points. Trois d'entre eux, « réticence des travailleurs », « incapacité à évaluer la technologie » et « résistance des gestionnaires », relèvent en totalité ou en partie du contrôle des gestionnaires. Quatre ont trait aux

coûts : coût élevé du matériel, coût d'intégration, coût du capital et coût de développement de logiciels. Les trois autres sont la petite taille du marché, la pénurie de compétences et le manque de soutien technique des fournisseurs.

Baldwin et Sabourin (1995) et Baldwin et Lin (1999) ont déterminé que les obstacles liés aux coûts sont plus prévalents au Canada. Les taux de rotation des capitaux comportent une relation évidente avec la diffusion des nouvelles technologies. Toutefois, il se peut que les coûts en capital ne constituent pas un facteur quant au choix des TFP par rapport au matériel conventionnel. Dans le cadre d'une étude sur les petits ateliers de transformation des métaux, la différence dans les investissements dans les biens d'équipement des utilisateurs de TFP et des non-utilisateurs n'était pas statistiquement significative (Rischel et coll., 1997).

Outre le coût du matériel, deux coûts auxiliaires de l'adoption sont mentionnés dans l'Enquête de 1998 — le coût du développement de logiciels et le coût d'intégration de la technologie de pointe. Les coûts qui font augmenter l'investissement initial dans les biens d'équipement, par opposition au coût pour la durée de vie de l'équipement, ont tendance à réduire l'investissement. Cela vient du fait que les considérations relatives aux liquidités jouent souvent un rôle important quant aux décisions d'investissement, particulièrement pour les petites entreprises.

La réticence des travailleurs ne semble pas ralentir l'adoption des technologies (Northcott et Vickery, 1993; Shapira et Rephann, 1996). Il a été démontré que les travailleurs accueillent favorablement l'autonomie accrue et les responsabilités professionnelles liées à la production au moyen des TFP (Northcott et Vickery, 1993). La résistance des gestionnaires au changement pourrait poser davantage de problèmes (Millen et Sohal, 1998).

L'incapacité d'évaluer la nouvelle technologie comporte à la fois des aspects techniques et financiers. Plusieurs études ont démontré que les méthodes conventionnelles d'évaluation financière sous-estiment les possibilités des TFP (Lefley et Sarkis, 1997; Small et Chen, 1997).

L'importance que les entreprises accordent aux obstacles *augmente* généralement avec les mesures de l'utilisation des TFP ou du niveau d'innovation (Baldwin et Lin, 1999; Arundel, 1997), peut-être parce que l'expérience des TFP entraîne une meilleure compréhension des problèmes. Toutefois, la plupart des enquêtes, y compris l'Enquête de 1998, comportent des questions sur les obstacles à l'*adoption* des TFP plutôt que sur les obstacles à leur utilisation quotidienne. Cela entraîne des problèmes quant à l'interprétation des résultats des enquêtes sur les TFP. Ces problèmes comportent une importance stratégique, étant donné que les types de politiques nécessaires pour encourager l'adoption pourraient différer de celles favorisant l'utilisation réussie.

Le tableau 7.3 donne le pourcentage d'utilisateurs de TFP, selon la taille de l'usine, qui sont d'avis que chaque obstacle a une importance élevée (une note de 4 ou 5 sur une échelle de cinq points). Les résultats fournis ici se limitent aux utilisateurs de TFP, étant donné que la majorité des usines, qui représentent plus de 90 % de la production, utilisent au moins une TFP. Dans le cas des utilisateurs de TFP, les questions relatives aux obstacles ont trait à l'adoption passée ou future de TFP. Les obstacles les plus fréquemment cités sont liés aux coûts, tandis que les trois obstacles sur lesquels les gestionnaires ont un contrôle sont les moins souvent cités.

Un nombre plus grand de petites usines que de grandes indiquent que la petite taille du marché, le coût élevé du matériel et la pénurie de compétences sont un obstacle important à l'utilisation des TFP, même si le classement des obstacles est très similaire selon toutes les catégories de taille. Le coût du capital est aussi cité plus fréquemment par les petites usines, mais ce résultat est moins robuste. Il n'y a pas de différence statistiquement significative selon la taille de l'usine pour les autres obstacles. Même si elle est statistiquement significative, il n'existe qu'une corrélation négative très faible entre le nombre de TFP utilisées et la somme des points pour les dix obstacles.

Deux des obstacles cités par un plus grand nombre de petites que de grandes usines, à savoir le coût élevé du matériel et la pénurie de compétences, ont trait au niveau de ressources nécessaires pour l'adoption des TFP. Le troisième obstacle statistiquement significatif, la petite taille du marché, pourrait aussi entraîner un obstacle à l'adoption lié à la taille : les usines plus grandes peuvent utiliser les économies d'échelle pour répartir les coûts et les risques liés à l'adoption des TFP.

Tableau 7.3 Pourcentage d'usines utilisatrices de TFP qui accordent une importance à chacun des obstacles, selon la taille (note de 4 ou 5)

	Nombre d'employés				
	10 - 49	**50 – 99**	**100 – 249**	**250+**	**Toutes**
Coût élevé du matériel[1]	**64**	**67**	**53**	**57**	63
Coût du capital[2]	*53*	*51*	*44*	*45*	51
Coût d'intégration de la technologie	43	45	35	39	42
Pénurie de compétences[1]	**41**	**37**	**27**	**33**	38
Coût de développement de logiciels	36	39	32	33	36
Petite taille du marché[1]	**35**	**30**	**25**	**18**	32
Manque de soutien technique des fournisseurs/ consultants	19	18	17	19	19
Réticence des travailleurs[1]	**17**	**25**	**19**	**19**	19
Incapacité à évaluer la nouvelle technologie	17	22	17	17	18
Résistance des gestionnaires	13	19	14	15	14

1: Les différences par rapport à la moyenne sont statistiquement significatives pour quatre des comparaisons : les pointages extrêmes, en incluant et en excluant les répondants qui accordent les mêmes notes, et les pointages les plus importants, en excluant et en incluant les répondants qui accordent les mêmes notes.
2: Différences statistiquement significatives pour au moins deux des quatre analyses.

Le tableau 7.4 donne des résultats selon le système de production. Dans le groupe des obstacles liés au marché et au coût, seules les différences selon la taille du marché sont robustes, un pourcentage plus élevé d'usines dans le secteur utilisant un système mixte de production déclarant la « petite taille du marché » comme un obstacle. Un pourcentage comparativement élevé d'usines des secteurs d'ingénierie de pièces distinctes indique trois obstacles comme importants : pénurie de compétences, incapacité à évaluer la nouvelle technologie et manque de soutien technique de la part des fournisseurs.

Tableau 7.4 Pourcentage d'utilisateurs de TFP qui accordent une note élevée (4 ou 5) à un obstacle, selon le système de production

	Système de production			
	Pièces distinctes - Non-ingénierie	Pièces distinctes - Ingénierie	Procédés en continu	Mixte
Petite taille du marché[1]	31	30	34	**37**
Coût élevé du matériel	59	66	61	61
Coût du capital	48	54	50	51
Coût de développement de logiciels	36	38	34	33
Coût d'intégration de la technologie	41	44	43	41
Pénurie de compétences[1]	36	**44**	24	33
Réticence des travailleurs	19	19	18	19
Résistance des gestionnaires[1]	**16**	15	10	13
Incapacité à évaluer la nouvelle technologie[1]	16	**23**	13	12
Manque de soutien technique[1]	16	**22**	15	19

1. Le pourcentage le plus élevé pour les différences significatives (de quatre méthodes d'analyse) est indiqué en caractères gras.

7.3 Niveau de concurrence

Il est largement reconnu que les entreprises doivent adopter des TFP pour être concurrentielles dans les marchés d'aujourd'hui. On pourrait donc conclure qu'un niveau plus élevé de concurrence mène à des taux d'utilisation plus grands des TFP. Toutefois, un trop grand nombre de concurrents pourraient réduire l'adoption des TFP, particulièrement parmi les petites entreprises de fournisseurs. Cela vient du fait que les petites entreprises de fournisseurs qui évoluent dans des contextes très concurrentiels et volatiles du point de vue des coûts tenteront d'éviter les coûts fixes importants (Luria, 1997).

Ces effets pourraient varier selon la branche d'activité. Par exemple, les entreprises dans les marchés de produits exercent leur concurrence sur la base des prix. Ces entreprises investissent beaucoup dans les TFP qui se prêtent bien à de longs cycles de production, même si elles se retrouvent souvent dans des branches très consolidées. Dans les branches très fragmentées, comme certaines branches de composants discrets, les échecs liés au faible rendement de la mise en marché des TFP auprès d'un groupe diffus de petits fabricants pourraient entraîner une diminution des taux de diffusion (Guile, 1987).

Ces résultats font ressortir deux hypothèses quant au lien entre la concurrence et l'utilisation des TFP. L'hypothèse principale est que la concurrence devrait inciter les entreprises à adopter les TFP. L'autre hypothèse laisse supposer que le rapport entre l'utilisation des TFP et le niveau de concurrence variera selon le secteur et la taille de l'entreprise, la concurrence réduisant l'utilisation des TFP dans les petites usines de fournisseurs des marchés très concurrentiels et augmentant l'utilisation des TFP dans les marchés de produits qui comportent de longs cycles de production, par exemple, dans les branches qui utilisent des procédés en continu.

Dans le cadre de l'Enquête de 1998, on a demandé aux répondants d'estimer le nombre d'entreprises qui « offrent des produits qui concurrencent directement le produit principal de votre usine ». Quatre options étaient offertes : aucune, 1 à 5, 6 à 20 et plus de 20. Très peu de grandes usines ont indiqué qu'elles n'avaient aucun concurrent. C'est pourquoi certaines analyses combinent les groupes aucune et 1 à 5. Les résultats de base sont fournis au tableau 7.5.

Tableau 7.5 Utilisation des TFP selon le nombre de concurrents

	Nombre de concurrents			
	0	1 – 5	6 - 20	> 20
< 100 employés				
Utilisation d'une TFP ou plus	58 %	77 %	73 %	73 %
Utilisation de 5 TFP ou plus	37 %	36 %	36 %	40 %
Utilisation de TFP à maturité seulement	13 %	25 %	20 %	16 %
Investissement dans les TFP > 25 % de l'investissement total de l'usine	18 %	17 %	22 %	30 %
Nombre moyen de TFP utilisées	4,0	4,0	4,1	4,3
100 employés et plus				
Utilisation d'une TFP ou plus	-[1]	97 %	97 %	96 %
Utilisation de 5 TFP ou plus	-	83 %	90 %	78 %
Utilisation de TFP à maturité seulement	-	12 %	6 %	9 %
Investissement dans les TFP > 25 % de l'investissement total de l'usine	-	35 %	38 %	41 %
Nombre moyen de TFP utilisées	-	9,9	10,6	9,6

Dans toutes les comparaisons pour les petites usines, il existe des différences statistiquement significatives selon le nombre de concurrents par rapport à la fréquence prévue ou à la moyenne globale.
1: Il y a trop peu d'observations non pondérées pour les grandes usines ne comptant aucun concurrent pour que l'analyse soit significative.

Le tableau 7.5 montre que l'utilisation des TFP a tendance à être plus grande dans les usines qui ont un grand nombre de concurrents que dans celles qui ont moins de concurrents, mais le rapport n'est pas explicite. Par exemple, un pourcentage plus élevé de grandes usines comptant de 6 à 20 concurrents utilisent cinq TFP ou plus que d'usine qui ont plus de 20 concurrents.

Le tableau 7.6 indique le nombre moyen de TFP utilisées selon le type de système de production, le nombre de concurrents et la taille de l'usine. Le type de système de production diminue l'utilisation des TFP selon le nombre de concurrents uniquement parmi les petites usines des secteurs de non-ingénierie de pièces distinctes et les usines d'ingénierie de pièces distinctes comptant de 100 à 249 employés. L'utilisation des TFP augmente avec le nombre de concurrents pour les usines plus grandes du secteur de non-ingénierie de pièces distinctes, les usines qui utilisent un système mixte qui comptent de 50 à 99 employés et les usines qui utilisent des procédés en continu et qui comptent de 50 à 99 employés. Le résultat le plus courant, toutefois, indique une absence de rapport entre l'utilisation des TFP et le nombre de concurrents, ce qui est vrai pour neuf des 16 comparaisons.

Tableau 7.6 Nombre moyen de TFP utilisées selon le système de production, le nombre de concurrents et la taille de l'usine

Système de production	Nombre de concurrents	Nombre d'employés			
		10 - 49	50 – 99	100 - 249	250+
Pièces distinctes – Non-ingénierie	< 5	2,8	5,4	7,3	8,8
	5 – 20	2,3	5,3	8,2	12,0
	> 20	2,2	5,1	8,5	12,1
Pièces distinctes – Ingénierie	< 5	4,9	5,7	10,2	14,7
	5 – 20	4,2	7,6	9,9	14,1
	> 20	5,6	7,3	8,4	15,0
Procédés en continu	< 5	3,2	6,6	8,4	12,1
	5 – 20	3,7	6,9	10,0	12,8
	> 20	3,5	8,4	8,3	12,2
Mixte	< 5	3,5	4,7	6,7	12,2
	5 – 20	3,7	5,1	7,5	10,7
	> 20	3,7	5,5	7,0	11,6

L'interaction entre le système de production, la taille de l'usine et la concurrence peut aussi influencer l'utilisation de TFP en développement par rapport aux TFP à maturité. Plusieurs TFP à maturité, comme les RL, sont relativement peu coûteuses, ce qui pourrait réduire les obstacles à leur adoption. Le tableau 7.7 fournit des résultats pertinents pour les petites usines qui n'utilisent que des TFP à maturité. Aucun résultat n'est fourni pour les grandes usines, étant donné qu'un nombre très limité d'entre elles n'utilisent que des TFP à maturité.

Dans le cas des usines qui comptent de 50 à 99 employés, le pourcentage qui n'utilise que des TFP à maturité diminue avec le nombre de concurrents, à l'exception des usines de non-ingénierie de pièces distinctes, où le rapport est en forme de « U ». La diminution pour les trois autres systèmes de production laisse supposer que la concurrence empêche les usines d'adopter des technologies plus poussées. Les résultats sont partagés pour les usines qui comptent de 10 à 49 employés.

Ces analyses montrent que le rapport entre l'utilisation des TFP et le nombre de concurrents est complexe, se limitant à quatre augmentations monotones, une fois contrôlés les effets de la taille de l'usine, et à une diminution de l'utilisation des TFP à maturité uniquement dans trois des huit analyses. Il n'existe que des preuves non concluantes pour appuyer un effet médiateur selon le système de production sur le rapport entre l'utilisation des TFP et la concurrence. Cela pourrait être dû à un manque de précision dans la classification des entreprises selon le système de production.

L'effet de la concurrence sur l'utilisation des TFP est abordé de façon beaucoup plus poussée dans la section 9, grâce à la régression multivariée.

Tableau 7.7 Pourcentage de petites usines qui n'utilisent que des TFP à maturité, selon le système de production, le nombre de concurrents et la taille de l'usine

Système de production	Nombre de concurrents	Nombre d'employés	
		10 – 49	50 – 99
Pièces distinctes – Non-ingénierie	< 5	21	14
	5 – 20	20	1
	> 20	16	13
Pièces distinctes – Ingénierie	< 5	17	45
	5 – 20	27	10
	> 20	17	1
Procédés en continu	< 5	12	22
	5 – 20	23	11
	> 20	15	1
Mixte	< 5	28	32
	5 – 20	12	10
	> 20	21	10

7.4 Conclusions

Les principales conclusions quant aux modèles d'utilisation des TFP par rapport aux facteurs environnementaux sont les suivantes.

- La prévalence des pénuries de compétences augmente selon la taille de l'usine, l'utilisation de TFP en développement et le nombre de TFP utilisées.
- Pour quatre catégories professionnelles — professionnels détenant un diplôme universitaire, gestionnaires, techniciens et métiers — le pourcentage d'usines déclarant des pénuries augmente avec la taille de l'usine, sauf dans le cas des métiers, pour lesquels il n'y a pas de tendance. Les pénuries pour chaque type de profession sont les plus grandes chez les fabricants de pièces distinctes.
- Les pénuries les plus fréquemment déclarées, sauf dans le cas des plus petites entreprises (10 à 49 employés), ne concernent pas les professionnels. Les pénuries d'opérateurs de machines sont les plus grandes parmi les petites entreprises.
- Un pourcentage plus grand d'usines qui n'utilisent que des TFP à maturité indique que les pénuries d'employés qualifiés sont sans objet, et un pourcentage plus faible indique avoir de la difficulté à trouver des employés ayant les compétences appropriées, ce qui laisse supposer que les exigences en matière de compétences pour les TFP à maturité ne sont pas aussi grandes que pour les TFP en développement.

- Les quatre obstacles les plus prévalents à l'utilisation des TFP parmi les non-utilisateurs sont liés aux coûts.
- Parmi les dix obstacles énumérés dans l'Enquête de 1998, trois montrent des différences statistiquement robustes selon la taille de l'usine. Un plus grand nombre de petites usines que de grandes déclarent que la petite taille du marché, le coût élevé du matériel et la pénurie de compétences sont des obstacles à l'utilisation des TFP.
- Le nombre moyen de TFP utilisées n'augmentent pas avec le nombre de concurrents, une fois contrôlés le système de production et la taille de l'usine, sauf pour quatre des 16 comparaisons : deux groupes d'usines de non-ingénierie de pièces distinctes comptant plus de 100 employés, et les usines comptant de 50 à 99 employés qui utilisent des procédés en continu ou qui appartiennent à des secteurs utilisant un système de production mixte. Le nombre de concurrents semblent inciter les usines qui comptent de 50 à 99 employés à adopter des TFP en développement.

8 Résultats de l'utilisation des TFP

Les entreprises qui adoptent des TFP s'attendent à pouvoir transposer les avantages techniques de celles-ci en un rendement amélioré. Une analyse antérieure de l'utilisation des TFP par les entreprises canadiennes concluait que l'utilisation des TFP augmente la part relative du marché et la productivité de la main-d'œuvre (Baldwin, Diverty et Sabourin 1995). D'autres études n'ont montré aucun lien entre l'utilisation de la technologie et les indicateurs du rendement économique ou, au mieux, un faible lien[19].

Ces conclusions partagées laissent supposer que les résultats positifs du point de vue du rendement dépendent d'autres facteurs outre l'adoption des TFP, c'est-à-dire que l'adoption de TFP ouvre des possibilités du point de vue de l'amélioration du rendement, mais ne mène pas nécessairement à une telle amélioration. En fait, il peut y avoir une réduction notable de rendement par suite de l'adoption des TFP, les entreprises luttant pour adapter leurs pratiques opérationnelles à la nouvelle technologie (Millen et Sohal, 1998). Les avantages financiers se font aussi attendre par suite de l'adoption de nouvelles technologies. Généralement, il faut plusieurs années d'utilisation des TFP avant que le rendement économique ne s'améliore.

8.1 Compétitivité autodéclarée en matière de technologie de production

Dans le cadre de l'Enquête de 1998, on posait la question suivante aux répondants : « Où se situe la technologie de fabrication de votre usine par rapport à celle de vos concurrents les plus importants? », en incluant les autres fabricants au Canada et les fabricants aux États-Unis. Le tableau 8.1 indique les taux d'utilisation des TFP pour les petites et les grandes entreprises, selon la perception des entreprises de la situation de la technologie dans leur usine comparativement à celles de leurs concurrents canadiens[20]. Toutes les mesures de l'utilisation des TFP augmentent avec la compétitivité de la technologie de production de l'usine.

[19] Voir Beaumont et Schroder, 1997; Rishel et Burns, 1997; Swamdiss et Kotha, 1998.

[20] La comparaison est effectuée avec des concurrents canadiens plutôt qu'américains, en raison du nombre beaucoup plus restreint de réponses « sans objet » à la première question.

Tableau 8.1 Taux d'utilisation des TFP selon le niveau de compétitivité autodéclaré en matière de technologie de production comparativement aux concurrents canadiens

	10 – 99 employés			100 employés et plus		
	Moins avancée	Égale	Plus avancée	Moins avancée	Égale	Plus avancée
Pourcentage d'usines dans le groupe	18,1	48,9	33,0	9,8	38,9	51,3
Utilisation d'une TFP quelconque	66 %	70 %	89 %	95 %	95 %	99 %
Utilisation de 5 TFP ou plus	25 %	33 %	57 %	63 %	79 %	91 %
Utilisation de TFP à maturité seulement	26 %	19 %	16 %	25 %	10 %	4 %
Investissement dans les TFP > 25 %	15 %	20 %	42 %	25 %	32 %	48 %
Nombre moyen de TFP utilisées	2,8	3,8	6,1	7,3	9,0	11,4

Nota : Le tableau exclut 434 usines qui ont répondu « s/o » à cette question ou qui n'ont pas de concurrents. Différences statistiquement significatives par rapport à la moyenne ($p < ,05$) pour toutes les comparaisons selon la compétitivité de la technologie de production.

Ces résultats laissent supposer que l'utilisation des TFP améliore la perception qu'ont les répondants de la compétitivité de leur usine. Toutefois, l'auto-évaluation de la compétitivité pose un problème, étant donné que les gestionnaires d'usine n'ont pas nécessairement une idée juste de ce que leurs concurrents utilisent, et que leur évaluation pourrait être influencée par leur désir de bien faire. Comme le montre le tableau 8.1, seulement 9,8 % des grandes usines indiquent que leur technologie de production est *moins* avancée que celle de leurs principaux concurrents, tandis que 51,3 % déclarent que leur technologie est plus avancée.

8.2 Utilisation des TFP et résultats du point de vue du rendement

Dans le cadre de l'Enquête de 1998, on demandait aux utilisateurs de TFP d'indiquer, à partir d'une échelle à cinq points, « l'importance [de 13] effets relativement à l'adoption de technologies de pointe par votre usine ». Cinq des résultats énumérés ont trait à l'amélioration de la productivité, trois à l'amélioration des produits, deux à la modification de l'organisation de l'usine, un à l'efficience de l'usine et deux au rendement du marché.

La conception de cette question pose trois problèmes. Tout d'abord, le libellé peut donner lieu à deux interprétations : il pourrait s'agir des avantages souhaités par les entreprises avant l'acquisition des TFP ou des résultats réels de l'utilisation des TFP. En deuxième lieu, les petites usines ont accordé des notes plus faibles que les grandes quant à l'importance de *tous* les résultats de l'utilisation des TFP. En troisième lieu, 5,7 % des répondants ont attribué des notes identiques aux 13 résultats. Étant donné que l'un des aspects importants de la recherche consiste à déterminer les avantages de l'utilisation des TFP pour les usines qui en utilisent peu et pour les petites usines, toutes les analyses descriptives dont il est question ici excluent les réponses comportant les mêmes notes et reposent sur la mesure la plus importante. La technique qui précède exclut les biais découlant des réponses comportant les mêmes notes, tandis que la dernière réduit les différences entre les petites et les grandes usines. Il n'existe pas de solution au premier problème.

Le tableau 8.2 fournit le pourcentage d'usines selon la taille qui accordent la note la plus élevée à chaque résultat. Le résultat le plus fréquemment cité est la rentabilité accrue, suivi par la réduction du taux de rejet et la plus grande souplesse dans la production. La « réduction des besoins en capital » vient au dernier rang, peut-être du fait que la plupart des utilisations des TFP entraînent une augmentation de l'investissement dans les biens d'équipement.

Les grandes usines sont plus susceptibles que les petites de déclarer une amélioration de la qualité des produits et une réduction du taux de rejet, ainsi que des besoins de main-d'œuvre et de l'utilisation des matières par unité produite. Un pourcentage plus élevé de petites usines (50 à 99 employés) indiquent une réduction du délai de mise en marché.

Le fait que 57 % de toutes les usines aient accordé la note la plus élevée à la « rentabilité accrue » pose un problème. Ce résultat contraste avec les autres études qui concluent rarement que l'utilisation des TFP augmente la rentabilité. Cela laisse supposer que de nombreuses usines qui ont participé à l'enquête de 1998 ont répondu en fonction de leurs attentes avant l'adoption.

Il y a un plus grand écart dans les résultats quant à l'utilisation des TFP selon le système de production que selon la taille de l'usine. Le tableau 8.3 montre que les plus grands bénéficiaires de l'utilisation des TFP selon le type de système de production utilisé se retrouvent dans les secteurs de l'ingénierie de pièces distinctes et des procédés en continu. Cela était prévisible, étant donné que ces secteurs ont les taux les plus élevés d'utilisation des TFP.

Tableau 8.2 Pourcentage d'usines qui ont accordé la note la plus élevée à chacun des résultats de l'utilisation des TFP, selon la catégorie d'emploi

	Nombre d'employés				
	<50	50 - 99	100 - 249	250 +	Toutes les usines
Rentabilité accrue	55	58	60	55	57
Réduction du taux de rejet	47	54	49	**55**	49
Plus grande souplesse dans la production	40	44	40	43	41
Réduction des besoins de main-d'œuvre par unité produite	36	43	43	**49**	39
Réduction du délai de mise en route	37	41	35	37	37
Accroissement du taux d'utilisation de l'équipement	36	33	35	42	36
Réduction du délai de mise en marché	33	**40**	30	30	33
Hausse de la part de marché	40	43	36	33	33
Meilleure qualité des produits	28	35	32	**44**	31
Qualifications supérieures nécessaires	27	25	22	28	28
Caractéristiques du nouveau produit	26	28	28	24	27
Réduction de l'utilisation des matières par unité produite	21	32	38	**42**	27
Réduction des besoins en capital par unité produite	24	22	20	22	23

1. Les données excluent les usines qui ont accordé la même note aux treize résultats de l'utilisation des TFP.
2. Les chiffres en caractères gras indiquent les taux de citation les plus élevés pour les résultats comportant des différences statistiquement significatives selon la taille de l'usine.

Tableau 8.3 Pourcentage d'usines qui ont accordé la note la plus élevée à chaque résultat de l'utilisation des TFP, selon le système de production

	Pièces distinctes – Non-ingénierie	Pièces distinctes – Ingénierie	Procédés en continu	Mixte
Rentabilité accrue	54	58	58	57
Réduction du taux de rejet	49	52	47	45
Plus grande souplesse dans la production	41	42	**44**	39
Réduction des besoins de main-d'œuvre par unité produite	35	41	**43**	36
Réduction du délai de mise en route	35	**40**	32	39
Accroissement du taux d'utilisation de l'équipement	34	38	**40**	30
Réduction du délai de mise en marché	33	**36**	27	33
Hausse de la part de marché	36	41	38	40
Meilleure qualité des produits	28	32	**39**	29
Qualifications supérieures nécessaires	23	**29**	27	23
Caractéristiques du nouveau produit	25	26	21	**34**
Réduction de l'utilisation des matières par unité produite	33	23	**35**	22
Réduction des besoins en capital par unité produite	20	**26**	22	21

Les données excluent les usines qui ont accordé la même note aux treize résultats de l'utilisation des TFP. Les pourcentages les plus élevés pour les résultats qui diffèrent entre les secteurs ($p < 0,05$) sont indiqués en **caractères gras**.

8.3 Conclusions

Le présent chapitre examine le rapport entre les résultats de l'utilisation des TFP et plusieurs caractéristiques de l'usine, y compris l'accent qui est mis sur les divers types de TFP. Les conclusions principales sont les suivantes.

- L'utilisation des TFP est plus grande dans les usines qui indiquent que leurs systèmes de production sont plus avancés que ceux de leurs concurrents.
- Les usines mentionnent la rentabilité accrue comme le résultat le plus important de l'adoption des TFP. Toutefois, ce résultat n'est pas corroboré par ceux d'autres études. Une explication possible pourrait être que les répondants ont fait état de leurs attentes avant l'adoption plutôt que des résultats réels de l'utilisation des TFP.
- Les usines dans les secteurs d'ingénierie de pièces distinctes indiquent la réduction du délai de mise en route et la réduction du délai de mise en marché comme des résultats plus importants que les usines d'autres secteurs.

9 Utilisation prévue et investissement dans les TFP

Les sections qui précèdent montrent que les taux d'utilisation actuelle des TFP sont liés à une gamme variée de caractéristiques du point de vue de l'usine ou de l'entreprise, de pratiques de gestion et de conditions environnementales. Il existe une limite quant à l'interprétation d'un grand nombre des analyses qui précèdent concernant l'utilisation des TFP, à savoir l'absence de données dans l'Enquête de 1998 sur le *moment* où les TFP ont été adoptées. Cela signifie qu'il n'est pas possible de tirer des conclusions au sujet des déterminants de l'adoption des TFP, étant donné qu'un grand nombre de TFP auraient pu être adoptées dans des conditions très différentes. Par exemple, une usine qui compte actuellement plus de 250 employés pourrait avoir adopté nombre de ces TFP il y a une décennie, lorsqu'elle comptait moins de 100 employés.

Deux questions de l'Enquête de 1998 nous renseignent sur le moment de l'adoption des TFP : pourcentage de dépenses consacrées aux TFP au cours des trois années précédentes et adoption prévue, d'ici deux ans, d'un type de TFP qui n'est pas utilisé actuellement dans l'usine. Les deux questions permettent d'utiliser les régressions multivariées pour explorer les déterminants de l'utilisation des TFP[21].

9.1 Analyses par régression de l'investissement dans les TFP et de l'utilisation prévue

La présente section aborde les modèles de régression utilisés pour effectuer les analyses, ainsi que les variables des modèles.

9.1.1 Modèles de régression

L'effet des divers facteurs sur l'utilisation prévue est examiné au moyen de la régression logistique. La variable dépendante pa (adoption prévue) est égale à 1 si l'usine prévoit adopter au moins une nouvelle TFP, et à zéro, s'il n'y a pas de plans d'adoption de TFP. La forme réduite de ce modèle est la suivante :

$$(1) \qquad \text{Prob}[pa = 1] = \frac{e^{B'\mathbf{x}}}{1 + e^{B'\mathbf{x}}}$$

où $B'\mathbf{x}$ est égal au vecteur des variables dépendantes et du terme d'erreur :

$$(2) \quad = \text{Constante} + B_1(\text{Taille}) + B_2(\text{Contrôle étranger}) + B_3(\text{Système de production}) + B_4(\text{Investissement}) + B_5(\text{Capacités internes}) + B_6(\text{Obstacles}) + B_7(\text{Concurrence}) + B_8(\text{Stratégies}) + B_9(\text{Résultats}) + \varepsilon.$$

Des modèles de régression sont fournis pour toutes les usines qui utilisent actuellement des TFP, les utilisateurs actuels de TFP qui comptent moins de 100 employés, et les usines qui n'utilisent pas de TFP actuellement. Un modèle distinct est fourni pour les petites usines utilisatrices de TFP, afin de déterminer s'il existe des différences dans les déterminants selon la taille de l'usine[22].

---

[21] Les régressions pour la proportion d'investissement reposent sur principe que les variables indépendantes, comme l'utilisation de sources d'information particulières ou le nombre d'employés, demeurent relativement stables au cours de la période d'investissement de trois ans.

[22] Aucun résultat n'est fourni pour les grandes usines, en raison du faible niveau de fiabilité.

Dans le cadre de l'Enquête de 1998, on a demandé aux répondants d'estimer le pourcentage de leurs dépenses totales en matériel et outillage au cours des trois années précédentes qui a été consacré aux TFP. Cinq options de réponse ont été fournies : zéro, 1 % à 24 %, 26 % à 50 %, 51 % à 75 % et 76 % à 100 %.

L'influence des facteurs énumérés ci-dessus sur la proportion d'investissement dans les TFP est examinée à partir de deux modèles de régression, un modèle logit ordonné et un modèle de régression logistique. Les résultats fournissent une estimation des effets de ces facteurs sur l'accent qui est mis par l'usine sur les TFP en proportion de l'investissement total. Les deux analyses par régression se limitent aux usines qui utilisent au moins une TFP[23].

Le premier modèle de régression est un modèle logit ordonné qui maximise les données comprises dans les cinq catégories d'investissement dans les TFP[24]. Le modèle logit ordonné peut être utilisé pour examiner les répercussions d'une gamme de variables exogènes sur une variable dépendante qui prend un ensemble déterminé de valeurs ordonnées (1,2 .. n). La méthode d'estimation utilisée est la méthode du maximum de vraisemblance. Le modèle repose sur le principe que la variable dépendante y est produite par une variable latente continue y* dont les valeurs ne sont pas observées et qu'il existe un ensemble de valeurs ordonnées (r1, r2, .. rn-1) et une variable y* telle que :

(3)
$$y = 1 \text{ if } y^* < r1$$
$$y = k \text{ if } rk\text{-}1 < y^* < rk \text{ for } 1<k<n$$
$$y = n \text{ if } rn\text{-}1 < y^*$$

La variable non observée y* est modélisée comme fonction linéaire du vecteur (N,k) de variables exogènes X :

(4)
$$y^*_i = \beta X_i + \varepsilon_i \qquad i = 1,...N$$

où ε_i a une fonction de distribution f dérivée de la fonction de distribution cumulative logistique :

(5)
$$F(x) = 1/(1+ e^{-x})$$

Compte tenu des caractéristiques X_i de l'usine i, la probabilité que y_i fasse partie de la catégorie k est :

(6)
$$\text{Prob } (Y_i = 1/Xi) = F(r1-\beta X_i)$$
$$\text{Prob } (Y_i = k/Xi) = F(rk-\beta X_i) - F((rk-1) -\beta X_i)$$
$$\text{Prob } (Y_i = n/Xi) = 1- F((rn-1) -\beta X_i)$$

---

[23] Les usines qui n'utilisent pas de TFP ont été incluses dans plusieurs régressions exploratoires. Toutes ces usines ont un investissement nul dans les TFP pour les trois années précédentes. Toutefois, aucune de ces régressions n'a donné de bons résultats. En outre, l'inclusion des non-utilisateurs de TFP nécessite que l'on exclue plusieurs variables qui ne sont disponibles que pour les usines qui utilisent des TFP, par exemple, la méthode d'introduction et les sources d'information. L'interprétation des variables des obstacles diffère aussi entre les utilisateurs et les non-utilisateurs, ce qui exclut leur inclusion dans une régression qui comprend les deux types d'usine. Compte tenu de ces problèmes, nous ne présentons que des résultats de régression pour les usines qui utilisent des TFP.

[24] Pour un examen des modèles logit ordonnés, voir Green (1993) et Liao (1994).

Le modèle logit ordonné utilise quatre catégories, les deux catégories de proportions d'investissement dans les TFP les plus élevées (51 % à 75 % et 76 % à 100 %) étant combinées pour augmenter le nombre d'observations dans chaque catégorie. Même si ce modèle fournit la mesure la plus précise et la moins biaisée de l'influence de plusieurs variables sur l'investissement, il est difficile d'interpréter les coefficients pour un modèle logit ordonné, sauf pour leur direction (positive ou négative) et le fait qu'elles sont statistiquement significatives ou non. En outre, il n'existe pas de méthode fiable de calcul d'une valeur R^2 pour un modèle logit ordonné.

Le deuxième modèle utilise la régression logistique, selon la même forme que celle des équations 1 et 2. Une variable dépendante dichotomique est créée grâce à la combinaison des cinq catégories de proportions d'investissement en deux catégories : inférieure à 25 % (codée comme zéro) et supérieure à 25 % (codée comme 1). Le modèle de régression logistique permet de déterminer la probabilité que les TFP aient représenté plus de 25 % de l'investissement. Le modèle fournit le rapport de cotes pour les résultats de la régression logistique. Dans le cas des variables dichotomiques, le rapport de cotes est égal au nombre de fois que la présence de la variable, comparativement à son absence, augmente la probabilité que l'usine consacre plus de 25 % de ses dépenses aux TFP.

Dans le modèle logit ordonné, un coefficient positif indique que la variable augmente la probabilité d'une proportion plus élevée d'investissement dans les TFP. L'équivalent dans la régression logistique est un rapport de cotes supérieur à 1,0. De même, un coefficient négatif dans le modèle logit ordonné est équivalent à un rapport de cotes inférieur à 1,0 dans la régression logistique. Dans les deux cas, le coefficient indique que la variable réduit les dépenses au titre des TFP.

Le modèle logit ordonné et le modèle de régression logistique produisent des résultats similaires. Lorsqu'il y a des différences, on présume que le modèle logit ordonné produit des résultats plus précis. La majorité des différences observées entre les deux modèles se limite à des augmentations mineures de la signification statistique, sans changement de la direction de l'effet. Par exemple, la stratégie d'entreprise qui consiste à mettre au point de nouveaux produits réduit les investissements dans le modèle logit, mais le niveau de réduction n'est pas significatif dans le modèle de régression logistique. L'examen des résultats (section 9.3) est fondé sur les modèles de régression logistique, à moins que les régressions logit ordonnées fournissent une interprétation différente.

9.1.2 Variables indépendantes

Sauf pour deux exceptions, toutes les variables indépendantes sont définies dans les chapitres précédents. Au moins une variable est tirée de chacun des cinq groupes : capacités internes, obstacles à l'adoption, concurrence, résultats de l'utilisation des TFP et pratiques et stratégies de l'entreprise.

Les deux exceptions sont une variable de contrôle et une mesure de l'expérience passée.

Tout d'abord, le nombre de TFP qui peuvent potentiellement être adoptées à l'avenir diminue avec le nombre de TFP déjà utilisées dans l'usine. Pour contrôler cet effet, la régression sur l'utilisation prévue comprend une variable relative au nombre de TFP différentes qui ne sont pas utilisées et qui sont par conséquent disponibles pour être adoptées.

En deuxième lieu, l'expérience antérieure en ce qui a trait à des technologies connexes rend plus facile la gestion des nouvelles technologies mises en œuvre, ce qui entraîne une réduction des coûts et augmente la probabilité d'adoption (Kelley et Helper, 1997). L'apprentissage par la pratique et l'apprentissage par l'usage aident à l'établissement des capacités internes de l'entreprise. Le rôle de l'expérience antérieure laisse supposer que la probabilité d'adopter d'autres TFP devrait augmenter avec le nombre de TFP déjà utilisées. Dans la régression sur l'utilisation prévue, le pourcentage de dépenses au titre des TFP pour les trois années précédentes est utilisée comme approximation de l'expérience antérieure. Aucune mesure appropriée n'est disponible pour représenter l'expérience antérieure dans les régressions sur l'investissement dans les TFP.

Les variables incluses dans les régressions sur l'adoption prévue sont similaires à celles comprises dans les analyses des proportions d'investissement dans les TFP, avec quelques exceptions.

- Seules les régressions sur l'adoption prévue comprennent des variables pour les résultats de l'utilisation des TFP.
- Il existe des différences mineures quant aux types de pratiques et aux sources d'information qui sont incluses. Ces différences découlent de problèmes d'adaptation des données au modèle.
- Les régressions sur l'adoption prévue ne comprennent pas de variables pour la compétitivité relative de la technologie de production de l'usine, étant donné que cette variable n'a eu aucun effet dans les régressions préliminaires ou dans les modèles finals de l'adoption prévue. Toutefois, les modèles pour l'adoption prévue d'une TFP exigeante en investissements comprennent cette variable.

Les modèles d'investissement dans les TFP comprennent la variable de la compétitivité relative de la technologie de production de l'usine, par rapport aux concurrents les plus importants au Canada. L'inclusion de cette variable entraîne la perte de 217 usines qui ont répondu « ne sait pas » à cette question. Cela pourrait créer une petite distorsion dans les pondérations en vue de la production d'un échantillon représentatif pour toutes les entreprises canadiennes de fabrication. Toutefois, les analyses qui excluent cette variable (et, par conséquent, comprennent toutes les usines répondantes utilisatrices de TFP) produisent des résultats similaires pour toutes les autres variables. Cela montre que les résultats du modèle sont raisonnablement robustes par rapport à l'inclusion ou à l'exclusion des 217 usines.

9.1.3 Limites du modèle et des variables

Les questions de l'Enquête de 1998 sur les stratégies de l'entreprise, les sources d'information, les résultats de l'utilisation des TFP et les obstacles à l'adoption comprennent une liste de sous-questions, dont certaines sont très étroitement liées. Par exemple, la question sur les obstacles à l'adoption comporte une série de quatre questions sur les coûts. Les réponses aux questions similaires et connexes ont tendance à comporter un niveau de corrélation élevé, ce qui crée des problèmes de colinéarité dans les analyses par régression. Pour contrer ces problèmes, des analyses préliminaires ont été effectuées pour déterminer les facteurs qui ont un effet significatif sur l'investissement dans les TFP ou l'utilisation prévue et qui n'entraînent pas de problèmes de colinéarité[25]. Ces variables sont par la suite incluses dans les modèles finaux. Il est important de souligner que l'exclusion d'une variable de la liste des sources d'information, des obstacles ou des résultats ne signifient pas nécessairement que la variable n'a pas d'effet significatif sur l'investissement ou l'adoption prévue.

Une autre limite a trait uniquement aux régressions sur l'investissement dans les TFP. Le problème dans ce cas est qu'il n'existe aucune mesure du montant absolu de nouvel investissement dans les biens d'équipement au cours des trois années précédentes. Une usine qui consacre 5 % d'un investissement total de 100 millions de dollars dans les TFP investira cinq fois plus dans les TFP qu'une usine qui consacre 100 % d'un investissement total d'un million de dollars dans les TFP. Cela signifie que la variable dépendante constitue une mesure imparfaite de l'accent qui est mis par l'usine sur l'investissement dans les TFP, étant donné que cela est lié aux possibilités totales d'investissement de l'usine. L'inclusion de la taille de l'usine (nombre d'employés) et du système de production dans le modèle permettra de contrôler partiellement ce problème, étant donné que la taille de l'investissement total sera limitée par ces deux facteurs. Les usines qui comptent moins de 50 employés sont moins susceptibles, par exemple, d'avoir investi 100 millions de dollars au cours des trois dernières années que les usines qui comptent plus de 250 employés, à moins qu'elles se trouvent dans des secteurs exigeants en investissement, comme le raffinage du pétrole. Les effets sectoriels possibles de ce type sont partiellement contrôlés grâce à l'inclusion d'une variable relative au système de production dans les régressions.

9.2 Investissement dans les TFP

Le tableau 9.1 fournit les résultats du modèle logit ordonné relatif à l'investissement dans les TFP, tandis que le tableau 9.2 fournit les résultats de la régression logistique.

Toutes les régressions comprennent trois variables pour les caractéristiques de base de l'usine : emploi, système de production et contrôle étranger par rapport à contrôle canadien. Le pourcentage des dépenses totales relatives au matériel et à l'outillage qui a été consacré aux TFP augmente avec le nombre d'employés de l'usine. Cela laisse supposer que les résultats ne sont pas biaisés par les investissements plus grands des usines plus importantes, étant donné que cela entraînerait une diminution des ratios relatifs à la taille de l'usine.

[25] Sur la base de la contribution au chi-carré du modèle, de l'évaluation de l'adéquation et de la robustesse des résultats pour une gamme de modèles de régressions préliminaires.

La proportion d'investissement est plus grande pour les usines des secteurs d'ingénierie des pièces distinctes. Le contrôle étranger n'influence pas l'investissement dans les TFP dans les analyses de toutes les usines, mais il réduit la proportion de l'investissement dans les TFP des petites usines.

Quatre variables portent sur les capacités internes : ampleur de la R- D, méthode d'introduction, utilisation de diverses sources d'information et présence de programmes de formation[26]. La R-D n'influence pas l'investissement dans les TFP de la régression logistique présentée au tableau 9.2, mais est significatif dans le modèle logit ordonné figurant au tableau 9.1, selon lequel les usines qui appartiennent à des entreprises qui effectuent de la R-D à contrat ou occasionnellement investissent davantage dans les TFP que la catégorie de référence des usines qui n'effectuent aucune R-D. Les usines appartenant à des entreprises qui effectuent de la R-D régulièrement au niveau interne sont moins susceptibles que les usines qui n'effectuent pas de R-D d'avoir des proportions importantes d'investissement dans les TFP. La méthode utilisée pour introduire les TFP n'est pas significative dans les analyses relatives à toutes les usines qui utilisent des TFP. Toutefois, les petites usines qui peuvent élaborer des TFP au niveau interne sont moins susceptibles d'avoir des proportions élevées d'investissement dans les TFP.

Les proportions plus faibles d'investissement dans les TFP des entreprises qui effectuent de la R-D régulièrement et des petites entreprises qui ont la capacité d'élaborer de nouvelles TFP au niveau de l'usine sont inattendues. Une explication possible est peut-être que ces entreprises ont des proportions d'investissement supérieures à la moyenne pour le nouveau matériel et outillage, ce qui réduit la proportion des TFP dans ce total.

Les usines qui obtiennent des idées sur l'utilisation des TFP des deux sources d'information comprises dans les modèles, les programmes internes de surveillance des technologies et les fournisseurs externes, ont des proportions d'investissement plus grandes dans les TFP que les usines qui n'utilisent pas ces deux sources d'information. La formation technique continue augmente les proportions d'investissement dans les TFP dans toutes les analyses. L'effet est plus grand pour les petites usines, pour lesquelles cette stratégie augmente de 81 % la probabilité que la proportion d'investissement dépasse 25 %.

Les obstacles à l'utilisation des TFP peuvent à la fois faire augmenter et diminuer les proportions d'investissement dans les TFP. Les usines qui font face à un marché de petite taille ont des proportions plus faibles d'investissement dans les TFP, peut-être parce que le coût des TFP ne peut être justifié pour un petit marché. Ce résultat est contraire à la théorie selon laquelle les TFP devraient réduire les coûts de la production à faible volume, grâce à des économies de gamme. Toutefois, les exigences globales de production de ces TFP demeurent importantes. Elles réduisent le coût de l'augmentation de la gamme de produits, mais pas les coûts de production de produits uniques en petits lots. Ainsi, ces TFP peuvent convenir davantage à la personnalisation de produits dans des marchés à grande échelle qu'à des établissements à petite échelle.

[26] Les données pour cette variable sont tirées de la question sur les stratégies d'entreprise, afin d'éviter les problèmes de colinéarité.

Tableau 9.1 Résultats du modèle logit ordonné pour la proportion d'investissement dans les TFP supérieure à 25 % des dépenses totales au titre du matériel et de l'outillage

Variable	Toutes les usines utilisatrices de TFP B	p	Usines utilisatrices de TFP qui comptent de 10 à 99 employés B	p
Variables au niveau de l'usine				
Nombre d'employés				
250+	**,41**	,01		
100 - 249	**,29**	,00		
50 - 99	,10	,11		
Contrôle étranger	-,08	,36	**-,36**	,04
Système de production Mixte	**,41**	,00	**,58**	,00
Procédés en continu	,02	,87	,13	,54
Pièces distinctes – Ingénierie	**,45**	,00	**,43**	,00
Capacités internes				
Ampleur de la R-D	**-,17**	,00	-,16	,08
Régulièrement au niveau interne				
Occasionnellement/à contrat	**,15**	,01	**,30**	,00
Méthode d'introduction	,04	,51	**-,22**	,01
Mise au point au niveau interne				
Personnalisation	,09	,11	,09	,32
Source d'information interne	**,38**	,00	**,43**	,00
Programme de surveillance des technologies				
Source d'information externe	**,48**	,00	**,44**	,00
Fournisseurs				
Formation technique permanente	**,39**	,00	**,59**	,00
Obstacles à l'utilisation des TFP Petite taille du marché	**-,26**	,00	**-,37**	,00
Coût du capital	**-,09**	,03	,01	,88
Pénurie de compétences	**,40**	,00	**,45**	,00
Incapacité à évaluer la technologie	-,11	,06	-,12	,20
Manque de soutien technique de la part des fournisseurs	**,29**	,00	**,35**	,00
Variables de la concurrence				
Compétitivité de la technologie de production				
Plus avancée	**,91**	,00	**,90**	,00
Égale	,11	,06	,05	,61
Nombre de concurrents Plus de 20	**,68**	,00	**,76**	,00
6 à 20	**,38**	,00	**,49**	,00
Stratégies d'entreprise Mise au point de nouveaux produits	**-,09**	,04	**-,19**	,01
Réduction des coûts de fabrication	**,53**	,00	**,53**	,00
Constante	-,16	,07	-0,33	,02
N (nombre non pondéré d'usines)		2901		1438

Nota : Les catégories de référence pour les variables nominales sont les suivantes : employés, 10 - 49; nombre de concurrents, 0 - 5; système de production, non-ingénierie de pièces distinctes ; ampleur de la R-D, aucune; méthode d'introduction des TFP, achat de matériel disponible dans le commerce seulement; compétitivité de la technologie de production, moins avancée. La catégorie de référence pour les pratiques de l'entreprise et les obstacles correspondent à une note de « faible importance » (1 à 3 sur une échelle à cinq points). Dans le cas des sources d'information, la catégorie de référence est une réponse « non » à la question « Veuillez indiquer parmi les sources suivantes quelles sont celles qui jouent un rôle important pour fournir des idées pour l'adoption de technologies de pointe dans votre usine? »

Tableau 9.2 Rapport de cotes pour une régression logistique sur la proportion d'investissement dans les TFP supérieure à 25 % des dépenses totales au titre du matériel et de l'outillage

	Toutes les usines utilisatrices de TFP		Usines utilisatrices de TFP comptant de 10 à 99 employés	
Variable	**B**	**p**	**B**	**p**
Variables au niveau de l'usine				
Nombre d'employés		,018		
250+	**1,67**	,003		
100 - 249	*1,25*	,098		
50 - 99	1,21	,127	1,22	,10
Contrôle étranger	,95	,750	,69	,108
Système de production				
Mixte	**1,50**	,002	**1,90**	,000
Procédés en continu	,84	,285	1,01	,923
Pièces distinctes – Ingénierie	**1,63**	,000	*1,65*	,067
Capacités internes				
Ampleur de la R-D		,787		,653
Régulièrement au niveau interne	,92	,492	,98	,865
Occasionnellement/à contrat	,97	,789	1,10	,469
Méthode d'introduction		,714		,068
Mise au point au niveau interne	1,03	,794	**,73**	,020
Personnalisation	,94	,550	,90	,396
Source d'information interne	**1,62**	,000	**1,84**	,000
Programme de surveillance des technologies				
Source d'information externe	**1,48**	,000	**1,43**	,002
Fournisseurs				
Formation technique permanente	**1,42**	,000	**1,81**	,000
Obstacles à l'utilisation des TFP				
Petite taille du marché	**,75**	,004	**,63**	,000
Coût du capital	**,82**	,037	,93	,534
Pénurie de compétences	**1,39**	,000	**1,50**	,000
Incapacité à évaluer la technologie	1,09	,494	1,07	,622
Manque de soutien technique de la part des fournisseurs	**1,47**	,001	**1,71**	,000
Variables de la concurrence				
Compétitivité de la technologie de production		,000		,000
Plus avancée	**2,39**	,000	**2,49**	,000
Égale	1,15	,356	1,09	,599
Nombre de concurrents		,000		,000
Plus de 20	**2,30**	,000	**2,87**	,000
6 - 20	**1,67**	,000	**2,16**	,000
Stratégies d'entreprise Mise au point de nouveaux produits	,98	,803	,90	,340
Réduction des coûts de fabrication	**1,31**	,038	*1,28*	,088
N (nombre non pondéré d'usines)	2901		1438	
-2LL	3085,1		2450,0	
% correctement classifié	69,4		74,1	
Adéquation (valeur p)	,009		,0000	
Estimation Nagelkerke de R^2	,12		,16	

Nota : Pour une description des catégories de référence, voir les notes du tableau 10.3a.

Le coût du capital réduit aussi la proportion d'investissement dans les TFP pour toutes les usines, mais n'a pas d'effet pour les petites usines. Les trois obstacles qui restent, à savoir la pénurie de compétences, l'incapacité à évaluer la technologie et le manque de soutien technique de la part des fournisseurs, pourraient augmenter la proportion d'investissement dans les TFP grâce à l'augmentation du coût d'adoption des TFP par rapport aux autres investissements. Cela est vrai à la fois pour la pénurie de compétences et le manque de soutien technique. Par contre, les résultats pour l'incapacité à évaluer la technologie sont beaucoup plus faibles et significatifs au niveau de 10 % seulement dans le modèle logit ordonné pour toutes les usines, les usines qui accordent une grande importance à cet obstacle étant moins susceptibles d'avoir des proportions élevées d'investissement dans les TFP. Une explication possible est que cet obstacle réduit directement la probabilité d'acquérir des TFP, tandis que les pénuries de compétences et le manque de soutien technique augmentent le coût de la mise en œuvre, mais n'empêchent ni ne réduisent l'acquisition.

La concurrence augmente de façon constante la proportion d'investissement dans les TFP dans tous les modèles. Par exemple, la probabilité que les proportions d'investissement dans les TFP dépassent 25 % est de 67 % plus élevée pour toutes les usines qui comptent de 6 à 20 concurrents, comparativement à la catégorie de référence de zéro à 5 concurrents, et est plus du double pour les usines qui comptent plus de 20 concurrents. Les usines qui ont une technologie de production comparativement plus avancée ont une proportion d'investissement plus élevée dans les TFP que les usines qui ont une technologie de production moins avancée que celle de leurs principaux concurrents ou égale. Cela laisse supposer que les usines qui ont une technologie de production moins avancée n'investissent pas dans les TFP pour rattraper le retard, ou que les usines qui viennent en tête investissent continuellement des montants plus grands pour maintenir leur avantage concurrentiel.

Les usines qui accordent une grande importance à la stratégie d'entreprise qui consiste à réduire les coûts ont des proportions d'investissement dans les TFP beaucoup plus élevées que les usines qui accordent une faible importance à cette stratégie. Cela montre que l'utilisation des TFP est une composante importante des stratégies de réduction des coûts. De même, une stratégie visant à mettre au point de nouveaux produits réduit les proportions d'investissement dans les TFP. Comme c'est le cas pour la faible part de marché, ce résultat est inattendu, étant donné que de nombreuses TFP sont conçues pour diminuer le délai d'élaboration des produits ou pour la production à faible volume. Toutefois, ce résultat correspond aux résultats qui montrent que l'accent sur la R-D relative aux produits n'est pas lié à un taux d'utilisation élevé des TFP.

9.3 Utilisation prévue des TFP d'ici deux ans

Le tableau 9.3 présente les résultats de la régression logistique pour l'adoption prévue, d'ici deux ans, de l'une ou l'autre des 26 TFP énumérées dans l'enquête. L'interprétation des résultats diffère entre les utilisateurs et les non-utilisateurs. Les effets des stratégies d'entreprise et des obstacles pour les utilisateurs de TFP seront influencés par l'expérience passée de ces utilisateurs, tandis que les non-utilisateurs, par définition, ne peuvent être influencés par l'utilisation passée des TFP. En général, les résultats pour les petites usines qui utilisent actuellement des TFP sont similaires aux résultats pour tous les utilisateurs de TFP.

L'investissement au cours des trois années précédentes a l'influence la plus marquée de toutes les variables sur l'utilisation prévue dans le cas des utilisateurs actuels de TFP. Les usines qui ont des niveaux élevés d'investissement sont plus de cinq fois plus susceptibles d'adopter une autre TFP que celle qui ont un investissement nul dans les TFP. Ce résultat fait ressortir l'importance de l'apprentissage par l'usage et de l'apprentissage par la pratique quant à l'établissement de capacités internes d'adoption, de mise en œuvre et de gestion des TFP. Il y a une autre explication, à savoir que les programmes d'investissement des trois années précédentes pourraient se poursuivre les deux années suivantes.

Tableau 9.3 Rapport de cotes pour l'utilisation prévue d'une nouvelle TFP d'ici 2 ans

	Utilisateurs actuels de TFP				Tous les non-utilisateurs actuels	
	Tous les utilisateurs		10 – 99 employés			
Variable	B[1]	P	B[1]	P	B[1]	P
Nombre de TFP disponibles pour l'adoption	**1,07**	,000	**1,05**	,002		
Variables au niveau de l'usine						
Nombre d'employés		,022				,192
250+	1,20	,423			,29	,601
100 - 249	**1,48**	,015			1,32	,572
50 - 99	**1,40**	,016	**1,44**	,04	**1,85**	,039
Contrôle étranger	**1,43**	,037	**1,94**	,005	,68	,296
Type de système de production		,000		,000		,049
mixte	**,58**	,000	**,58**	,000	,91	,675
procédés en continu	,74	,068	,72	,08	1,49	,111
pièces distinctes – ingénierie	**1,46**	,003	**1,69**	,000	**1,58**	,030
Investissement dans les TFP les trois années précédentes		,000		,000		
élevé (> 50 %)	**5,35**	,000	**6,44**	,000		
moyen (26 - 50 %)	**3,82**	,000	**4,21**	,000		
faible (1 - 25 %)	**2,45**	,000	**2,51**	,000		
Capacités internes						
Ampleur de la R-D		,000				,000
régulièrement au niveau interne	**2,13**	,000			**2,74**	,000
occasionnellement/à contrat	**1,74**	,000			**1,69**	,021
Méthode d'introduction des TFP		,027		,003		
mise au point au niveau interne	**1,42**	,008	**1,85**	,001		
personnalisation	1,19	,141	1,29	,065		
Sources d'information						
ventes et commercialisation	**1,53**	,001	**1,68**	,000		
ingénierie de la production	**1,30**	,030	1,13	,387		
fournisseurs	**1,60**	,000	**1,39**	,021		
clients	,79	,054	**,73**	,022		
Nombre de sources différentes d'information	**,96**	,045	,98	,452		
Formation technique	,88	,295	,83	,151	**3,55**	,000
Équipes multifonctionnelles de concepteurs	**1,47**	,001	**1,38**	,029	**5,11**	,000
Conception technique simultanée			**2,13**	,000	**,41**	,000

Obstacles à l'utilisation des TFP						
petite taille du marché	**,79**	,024	,83	,117	**,41**	,003
coût du capital	1,16	,142	**1,30**	,023	**2,57**	,000
pénurie de compétences	**1,66**	,000	**1,66**	,000	**1,82**	,001
incapacité à évaluer la technologie	1,27	,100	1,25	,156	1,14	,615
manque de soutien technique de la part des fournisseurs	,79	,081	**,61**	,001	,64	,112
Nombre de concurrents		,012		,000		,009
> 20	**,75**	,016	**,62**	,000	**1,84**	,002
6 - 20	1,01	,934	1,09	,590	**1,93**	,004
Résultats de l'utilisation des TFP						
réduction des besoins de main-d'œuvre	**1,61**	,000	**1,81**	,000		
réduction des besoins en capital par unité produite	**,77**	,023	,78	,061		
réduction du taux de rejet	**1,54**	,000	**1,49**	,002		
accroissement du taux d'utilisation de l'équipement	**1,48**	,000	**1,53**	,001		
N (non pondéré)		3118		1552		584
-2LL		2739,5		2184,2		902,8
% correctement classifié		78,1 %		76,6 %		73,5
Valeur p du chi-carré du modèle		,0000		,0000		,0000
Estimation Nagelkerke de R^2		0,17		,21		,27

1: Nota : Pour une description des catégories de référence, voir le tableau 9.3a.

Comme il fallait s'y attendre, les variables liées aux capacités de l'usine ont des effets très importants sur l'utilisation prévue parmi les utilisateurs actuels. Les deux variables qui mesurent les capacités de R-D de l'usine et les capacités d'ingénierie des procédés, à savoir l'ampleur de la R-D et la méthode d'introduction des TFP, sont très importantes, les taux d'adoption prévue étant supérieurs dans les entreprises qui peuvent personnaliser des TFP en fonction de leurs propres besoins ou mettre au point leurs propres procédés, que dans les entreprises qui se limitent à acheter des produits disponibles dans le commerce (catégorie de référence). L'ampleur de la R-D constitue aussi un facteur important dans les plans d'adoption des non-utilisateurs.

Les questions sur les sources d'information n'ont été posées qu'aux utilisateurs de TFP. Il est surprenant de constater que les petites usines qui obtiennent de l'information de clients sont moins susceptibles d'adopter des TFP que les usines qui n'ont pas recours aux clients. La variable relative au nombre de types différents de sources d'information utilisées pour fournir des idées quant à l'adoption des TFP diminue la probabilité d'adoption des TFP pour tous les utilisateurs de TFP. Une diversité de sources pourrait indiquer que l'expertise interne n'est pas suffisamment centralisée.

La formation technique n'a pas d'effet sur la probabilité d'adoption des TFP par les utilisateurs actuels, mais elle augmente la probabilité d'adoption des TFP par les non-utilisateurs. Les usines non utilisatrices qui accordent une importance élevée à la formation sont plus de trois fois plus susceptibles d'adopter une TFP que les usines qui accordent moins d'importance à la formation. La présence de conception technique simultanée ou d'équipes multifonctionnelles de concepteurs comporte un lien étroit avec l'adoption prévue, à la fois parmi les utilisateurs et les non-utilisateurs de TFP.

Parmi les variables au niveau de l'usine, la taille de l'usine et le contrôle étranger augmentent la probabilité d'adoption future parmi les utilisateurs actuels. Les résultats pour les utilisateurs actuels de TFP font ressortir des différences importantes quant à l'utilisation prévue selon le type de système de production, une probabilité plus faible étant enregistrée dans les usines des secteurs qui utilisent des procédés en continu que dans la catégorie de référence des branches de non-ingénierie de pièces distinctes, et une probabilité plus grande dans les branches d'activité d'ingénierie de pièces distinctes. La probabilité plus faible pour les usines utilisant des procédés en continu pourrait être due au faible niveau de pertinence de nombreuses TFP à l'égard de cette méthode de production.

Les résultats en ce qui a trait au nombre de concurrents diffèrent considérablement entre les utilisateurs et les non-utilisateurs de TFP. Dans le cas des utilisateurs, les usines qui comptent plus de 20 concurrents sont moins susceptibles d'adopter des TFP que les usines qui comptent de zéro à 5 concurrents. Il n'y a pas de différence pour les usines qui comptent de 6 à 20 concurrents. Ces résultats laissent supposer qu'un niveau trop élevé de concurrence nuit à l'adoption d'autres TFP. Par contre, la concurrence parmi les non-utilisateurs de TFP augmente la probabilité d'adoption de plus de 70 %.

La liste des obstacles comprend une gamme de facteurs. Les utilisateurs et les non-utilisateurs de TFP qui évoluent dans un marché de petite taille sont moins susceptibles d'adopter des TFP. Plusieurs résultats vont dans la direction opposée aux attentes, probablement du fait que les plans d'adoption entraînent une plus grande sensibilisation à l'égard des éléments nécessaires à l'adoption. Par exemple, les non-utilisateurs qui indiquent le coût du capital comme un obstacle important à l'utilisation des TFP sont plus susceptibles d'en adopter, et la perception qu'il existe une pénurie de compétences augmente la probabilité de l'utilisation prévue parmi les utilisateurs et les non-utilisateurs de TFP.

Ce ne sont pas toutes les variables des résultats de l'utilisation des TFP qui peuvent être utilisées pour la régression logistique, en raison de problèmes de colinéarité. L'effet des diverses variables relatives aux résultats a été exploré dans le cadre d'une série d'analyses préliminaires. Les variables liées à l'amélioration des produits, par exemple, les caractéristiques du nouveau produit et la meilleure qualité des produits, n'ont pas d'effet significatif sur les plans d'adoption. Seulement trois variables ont un effet robuste et positif sur l'utilisation des TFP : réduction des besoins de main-d'œuvre par unité produite, accroissement du taux d'utilisation de l'équipement et réduction du taux de rejet. Il n'est pas étonnant de constater que les usines qui déclarent des avantages positifs liés à l'utilisation des TFP, comme une réduction des besoins de main-d'œuvre et du taux de rejet, sont plus susceptibles d'en adopter. Par contre, les usines qui déclarent une « réduction des besoins en capital par unité produite » sont moins susceptibles d'adopter des TFP dans les deux années qui suivent[27].

[27] Ce résultat pourrait découler de la façon dont la question a été formulée. Les répondants pourraient ne pas avoir interprété la réduction des besoins en capital comme une réduction des coûts.

9.4 Conclusions

- La probabilité d'une proportion élevée d'investissement dans les TFP et d'adoption d'un nouveau type de TFP est la plus grande parmi les usines des secteurs d'ingénierie de pièces distinctes.
- Comparativement aux entreprises qui n'ont pas de capacité de R-D, celles qui ont des capacités internes de R-D investissent moins dans les TFP, tandis que celles dont la R-D est effectuée à contrat ou occasionnellement investissent davantage. De même, dans le cas des petites usines, les capacités internes de développement au niveau de l'usine diminuent les proportions d'investissement. Cela peut s'expliquer par le fait que les capacités internes entraînent une réduction des coûts, ce qui a pour effet de diminuer la proportion d'investissement dans les TFP.
- L'accent qui est mis sur la formation technique comme stratégie d'entreprise importante augmente la proportion d'investissement dans les TFP.
- La pénurie de compétences augmente la proportion d'investissement dans les TFP et la probabilité d'adopter un nouveau type de TFP. Cela laisse supposer que la pénurie de compétences entraîne une augmentation des coûts, mais qu'elle n'empêche pas les usines d'acquérir de nouvelles TFP. Le manque de soutien technique de la part des fournisseurs diminue la probabilité qu'une usine adopte une nouvelle TFP et entraîne aussi une augmentation de la proportion d'investissement. Ces résultats montrent que le manque de soutien technique constitue un obstacle plus grave que la pénurie de compétences.
- Les analyses par régression de l'adoption prévue d'un nouveau type de TFP montrent que plusieurs facteurs qui comportent une corrélation avec l'incidence et l'intensité d'utilisation des TFP sont aussi des déterminants de l'adoption future de TFP. Ces facteurs comprennent la taille de l'usine, le système de production et le contrôle étranger.
- Des indicateurs des capacités internes, comme le rendement en matière de R-D au niveau de l'entreprise et la capacité de mettre au point des TFP au niveau de l'usine, entraînent tous une augmentation de la probabilité d'adoption prévue.
- Les dépenses au cours des trois années précédentes ont l'influence la plus marquée de toutes les variables sur l'utilisation prévue par les utilisateurs actuels de TFP. Ce résultat fait ressortir l'importance de l'établissement de capacités internes nécessaires pour l'adoption, la mise en œuvre et la gestion des TFP, grâce à l'apprentissage par la pratique.
- Le rôle de la concurrence est plus complexe. La concurrence entraîne une augmentation constante de la proportion d'investissement dans les TFP, mais une trop grande concurrence diminue la probabilité d'adoption future de TFP par les utilisateurs actuels, même si elle augmente la probabilité d'adoption par les non-utilisateurs.
- Les usines qui connaissent des réductions de coût par suite de l'adoption de TFP sont plus susceptibles d'adopter une autre TFP.
- Il existe très peu de différences entre les petites usines et l'ensemble des usines quant aux facteurs qui influent sur la probabilité d'adoption d'une nouvelle TFP.

- Les usines dont la technologie de production est moins avancée que celle de leurs concurrents ou égale, comparativement aux usines qui ont une technologie de production plus avancée, sont plus susceptibles de dépendre de sources d'information internes ou externes qui nécessitent moins de capacités internes. Cela fait ressortir l'importance des capacités internes de pointe, tant pour l'utilisation des TFP que pour la compétitivité de la technologie de production.
- Les petites usines qui sont d'avis que les clients constituent une source importante d'information sont moins susceptibles de planifier l'adoption d'une nouvelle TFP. Ce résultat appuie dans une certaine mesure l'hypothèse selon laquelle les commandes volatiles des clients dissuadent les petites usines d'adopter des TFP exigeantes en investissements, sauf pour les TFP qui réduisent les coûts.

10 Conclusions

En 1998, 74 % des usines de fabrication au Canada indiquaient utiliser au moins une TFP. Cela représente une augmentation considérable quant à l'incidence d'utilisation des TFP depuis 1993, alors que seulement le tiers des usines canadiennes de fabrication indiquaient utiliser des TFP. L'utilisation de TFP multiples a aussi augmenté, le pourcentage d'usines utilisant cinq TFP ou plus étant passé de 14 % en 1989 à 46 % en 1998. Les résultats de l'Enquête de 1998 montre que les taux d'utilisation des TFP continueront d'augmenter rapidement. Au total, 40 % des usines qui n'utilisent pas actuellement de TFP planifient en adopter une au cours des deux prochaines années, tandis que 73 % des usines qui utilisent actuellement au moins une TFP prévoient adopter un nouveau type de TFP au cours de la même période.

Ce changement majeur qui a touché la population des fabricants au Canada, à savoir le passage des technologies conventionnelles de production à l'utilisation des TFP, a des répercussions importantes sur la conception des politiques de modernisation industrielle. Les facteurs qui influent sur l'adoption d'une TFP pour la première fois peuvent différer de ceux qui incitent à une utilisation plus intensive. Par ailleurs, le taux élevé d'utilisation d'au moins une TFP dans le secteur canadien de la fabrication signifie que les statistiques simples sur l'incidence de l'utilisation d'une TFP ou plus perdent rapidement de la valeur. Les enquêtes et analyses futures des TFP devraient plutôt mettre l'accent sur l'établissement d'indicateurs visant à décrire l'intensité d'utilisation et sur l'exploration des facteurs qui incitent les entreprises à utiliser plusieurs TFP. L'Enquête de 1998 constitue un pas important dans cette direction, du fait qu'elle comporte plusieurs questions à l'intention des utilisateurs actuels de TFP sur les facteurs qui influent sur cette utilisation, par exemple, les méthodes utilisées pour mettre en œuvre des technologies de pointe et les sources d'idées pour l'adoption des TFP qui sont importantes pour eux.

10.1 Facteurs importants touchant l'utilisation des TFP

Les analyses décrites dans le présent rapport confirment les résultats des études antérieures sur l'importance des diverses influences quant à l'utilisation des TFP, notamment, la taille de l'usine, le type de système de production, le type de propriété, la situation du point de vue des exportations et l'utilisation passée.

La taille de l'usine, qui est mesurée par le nombre d'employés, constitue un déterminant majeur de l'utilisation des TFP au Canada. Le nombre moyen de types différents de TFP utilisées est trois fois plus grand dans les usines qui comptent plus de 250 employés (12,8) que dans celles qui comptent de 10 à 49 employés (3,8). Un des principaux facteurs qui sous-tend ces effets vient de ce que les grandes usines ont davantage de ressources financières et techniques que les petites usines. Par exemple, la taille de l'usine comporte une corrélation positive avec le nombre de sources d'information citées comme sources d'idées pour l'adoption des TFP. La taille de l'usine a aussi des répercussions sur l'ampleur des activités de R-D. Le pourcentage d'usines appartenant à des entreprises qui ont des activités internes de R-D est de 33 % dans le cas des usines comptant de 10 à 49 employés et de 61 % dans le cas des usines qui comptent plus de 250 employés. Par ailleurs, parmi les dix obstacles à l'adoption énumérés dans l'Enquête de 1998, trois montrent des différences statistiquement robustes selon la taille de l'usine, les petites usines accordant davantage d'importance à ces obstacles que les grandes. Deux de ces obstacles sont liés aux ressources : coût élevé du matériel et pénurie de compétences.

Le type de système de production utilisé par l'usine semble aussi avoir une influence marquée sur le nombre de TFP adoptées, mais aussi sur la nature des TFP qui sont adoptées, et les résultats découlant de l'adoption. Les usines dans les secteurs de fabrication de pièces distinctes dont les produits ont une plus grande valeur ajoutée utilisent davantage de TFP en moyenne que les usines des secteurs qui utilisent des procédés en continu et celles des secteurs de la fabrication de pièces distinctes à faible valeur ajoutée. En outre, un pourcentage plus élevé d'usines dans les secteurs de l'ingénierie des pièces distinctes ont des plans d'adoption d'autres TFP au cours des deux prochaines années.

Les taux d'adoption des TFP varient aussi en rapport avec la maturité de celles-ci. Par ailleurs, les modèles d'utilisation des TFP à maturité diffèrent de ceux des TFP « en développement ». Les usines qui utilisent uniquement des TFP à maturité assurent moins de formation, citent un moins grand nombre de sources d'information et sont de plus petite taille que les usines qui utilisent des TFP en développement. Un pourcentage plus faible d'usines qui n'utilisent que des technologies à maturité indiquent la pénurie de compétences comme un obstacle à l'adoption. De façon générale, l'adoption de TFP à maturité semble poser peu de problèmes aux usines et ne nécessite pas de compétences spécialisées ou de capacités internes de pointe.

Il se peut que l'influence la plus grande quant à l'utilisation croissante des TFP soit l'expérience antérieure. Cette conclusion est appuyée par un certain nombre d'analyses. Le groupe d'usines selon le type de système de production qui a la plus grande utilisation actuellement, à savoir les usines des secteurs d'ingénierie de pièces distinctes, sont les plus susceptibles d'avoir des plans d'adoption d'autres TFP. Par ailleurs, dans la régression sur l'utilisation prévue des TFP, les usines qui ont investi massivement dans les TFP au cours des trois dernières années (proportion d'investissement supérieure à 50 % dans les TFP) sont plus de cinq fois plus susceptibles d'avoir des plans d'adoption de TFP additionnelles que les usines qui n'ont pas investi au cours des trois dernières années. Cet effet de l'utilisation antérieure sur la diffusion globale des TFP est probablement lié au développement de capacités internes, grâce à l'apprentissage par la pratique et l'apprentissage par l'usage.

Les capacités internes de l'usine figurent parmi les influences les plus importantes sur l'utilisation des TFP. L'enquête comprend plusieurs mesures des capacités internes : ampleur des activités de R-D de l'entreprise qui possède l'usine; méthodes utilisées, au niveau de l'usine, pour adopter des TFP; nombre et types de sources d'information sur les TFP utilisées par l'usine, présence de programmes de formation et présence de deux pratiques de gestion de pointe qui reposent sur les compétences internes : conception technique simultanée et équipes multifonctionnelles de concepteurs.

L'ampleur des activités de R-D a une influence marquée sur l'adoption des TFP. Les usines qui effectuent de la R-D régulièrement utilisent plus de deux fois plus de TFP en moyenne que les usines qui n'effectuent pas de R-D. Un autre aspect des capacités de R-D de l'usine, à savoir le type de R-D effectuée, a aussi une influence sur l'utilisation des TFP. Les taux d'utilisation des TFP sont les plus élevés parmi les entreprises dont le service de R-D est responsable de l'adaptation ou de la création de nouveaux procédés techniques, et les plus faibles parmi les entreprises dont la R-D se limite aux produits. De même, l'utilisation des TFP augmente avec la capacité de l'usine d'adapter des TFP à ses propres besoins, le taux d'utilisation étant beaucoup plus faible parmi les usines qui se

limitent à acheter du matériel disponible dans le commerce ou à produire de la technologie sous licence que dans les usines qui personnalisent des TFP ou en mettent au point de nouvelles au niveau interne.

Les capacités de R-D semblent aussi être liées aux méthodes utilisées par les usines pour introduire des TFP. Les usines qui appartiennent à des entreprises dont la R-D se limite aux produits, ou qui ne créent ni n'adaptent de matériel de production, utilisent davantage de technologie disponible dans le commerce que les usines appartenant à des entreprises dont les services de R-D sont responsables de l'adaptation ou de la création de technologies pour les procédés. Toutefois, les résultats relatifs à l'influence des capacités de R-D et à la méthode d'introduction des TFP montrent qu'il existe d'autres influences quant à la capacité des usines d'adopter avec succès de nouvelles technologies. Un pourcentage appréciable d'usines qui appartiennent à des entreprises *sans* capacités de R-D personnalisent des TFP (24 %) ou en mettent au point au niveau interne (16 %).

Nous présumons que l'importance des capacités internes est liée aux capacités d'ingénierie des procédés. Une des raisons qui justifient cette conclusion est que les deux plus importantes sources internes d'idées pour l'adoption des TFP sont liées à la production. L'autre raison est l'influence marquée de l'expérience passée sur l'utilisation des TFP. Il est probable que la responsabilité de la mise en œuvre des TFP revient au personnel d'ingénierie de la production. Cette conclusion est aussi appuyée indirectement par l'influence de la taille de l'usine sur les types de sources d'information citées. Le classement du service d'ingénierie de la production comme source interne importante d'information augmente avec la taille de l'usine, passant de la cinquième place (sur neuf) pour les usines les plus petites (moins de 50 employés) à la deuxième place pour toutes les autres catégories de tailles.

La stratégie d'entreprise la plus importante en ce qui a trait à l'utilisation des TFP est la formation technique permanente. Les usines qui adoptent cette stratégie sont constamment plus susceptibles d'utiliser une TFP quelconque, d'utiliser les TFP de façon plus intensive et de planifier l'adoption de TFP au cours des deux prochaines années. Cela fait ressortir l'importance des compétences et peut-être la nécessité d'améliorer continuellement les compétences, en vue de l'utilisation des TFP. Cela peut aussi indiquer que les usines qui investissent dans les ressources humaines attendent davantage de retombées de l'adoption concurrente de TFP.

Les stratégies d'entreprise qui visent à réduire les coûts ont un effet positif important sur l'investissement courant dans les TFP. Plusieurs résultats liés au coût et découlant de l'utilisation passée des TFP, par exemple, la réduction des besoins de main-d'œuvre par unité produite et l'accroissement du taux d'utilisation de l'équipement, augmentent aussi la probabilité de plans d'adoption d'un nouveau type de TFP au cours des deux prochaines années.

Des facteurs environnementaux, comme plusieurs obstacles à l'utilisation des TFP, la pénurie d'employés qualifiés et le nombre de concurrents, semblent jouer un rôle moindre quant à l'adoption des TFP que les autres facteurs énumérés ci-dessus, ou avoir un effet partagé. Parmi les facteurs environnementaux importants figure la petite taille du marché, qui diminue l'utilisation des TFP, comme le montre les régressions sur l'utilisation prévue et l'investissement dans les TFP. Parmi les autres facteurs environnementaux figure le coût des TFP, lequel englobe les

quatre obstacles les plus fréquemment cités par les usines qui n'utilisent pas déjà de TFP. Toutefois, d'autres résultats relatifs aux obstacles à l'utilisation des TFP, particulièrement la pénurie de compétences, suscitent certaines questions. La pénurie de compétences, en tant qu'obstacle à l'adoption des TFP, *augmente* de façon constante la probabilité d'utilisation des TFP. Le pourcentage d'usines qui déclarent des pénuries de catégories particulières de personnel au cours de la dernière année augmente aussi avec le niveau d'emploi de l'usine, sauf dans le cas des métiers, où il n'y a pas de tendance selon la taille de l'usine. Cela pourrait être dû au fait que les petites usines utilisent des technologies davantage à maturité et ont par conséquent moins besoin d'employés qualifiés, ou encore que les petites usines ne se font pas concurrence pour recruter des employés qualifiés. Le nombre de concurrents semble avoir deux effets contraires sur les taux d'utilisation des TFP. D'une part, une concurrence modérée mène à une plus grande adoption; d'autre part, une trop grande concurrence diminue l'adoption. Les analyses descriptives et la régression sur l'utilisation prévue font ressortir ce dernier effet.

10.2 Observations finales

Au cours de la dernière décennie, on a assisté à une transition technologique majeure dans le secteur canadien de la fabrication, à savoir le passage de méthodes de fabrication conventionnelle à des méthodes fondées sur l'informatique et la microélectronique. La présente étude a permis de démontrer que nombre des facteurs comportant une corrélation avec les TFP sont similaires à ceux déterminés dans le cadre d'autres études. Toutefois, certains des résultats laissent supposer que l'importance relative de certains facteurs pourrait changer au fil des ans. Au fur et à mesure de l'augmentation de la prévalence de l'adoption des TFP, la taille de l'usine pourrait devenir un déterminant moins important de l'utilisation. La pénurie de compétences semble aussi jouer un rôle moins important que dans les enquêtes antérieures. Par ailleurs, les capacités internes de l'usine d'adopter, de mettre en œuvre et de gérer des TFP pourraient jouer un rôle de plus en plus central, au fur et à mesure de l'augmentation de la prévalence de l'utilisation de TFP multiples.

11 Bibliographie

Alcorta, Ludovico, et al. 1997. *Flexible Automation, Scale and Scope and Developing Countries.* Institute for New Technologies, United Nations University.

Arundel, A. 1997. "Enterprise Strategies and Barriers to Innovation". In *Innovation Measurement and Policies*. Arundel, A. and R. Garrelfs (eds.). European Commission, EIMS publication 50, 101-108.

Baldwin, John R. et Brent Diverty. 1995. *L'utilisation des technologies de pointe dans l'industrie canadienne de la fabrication.* Rapport sur l'Enquête sur les technologies de fabrication de 1989. Ottawa: Statistique Canada, Division de l'analyse micro-économique.

Baldwin, John et David Sabourin. 1995. *Adoption de la technologie dans le secteur de la fabrication au Canada : Enquête sur l'innovation et les technologies de pointe 1993.* Ottawa: Statistique Canada, Division de l'analyse micro-économique. Catalogue 88-512.

Baldwin, John R., Brent Diverty, and David Sabourin. 1995. "Technology Use and Industrial Transformation: Empirical Perspective". In T. Courchene (Ed.), *Technology, Information and Public Policy.* John Deutsch Institute for the Study of Economic Policy. The Bell Canada Papers on Economic and Public Policy 3. Kingston, Ontario. 95-130.

Baldwin, John R., David Sabourin, and Mohammed Rafiquzzaman. 1996. *Benefits and Problems Associated with Technology Adoption in Canadian Manufacturing 1993.* Report. Micro-Economic Analysis Division, Statistics Canada.

Baldwin, John R. et David J. Sabourin. 1999. *Adoption de la technologie dans le secteur de la fabrication au Canada : Une comparaison entre les tailles des usines.* Papier. Division de l'analyse micro-économique, Statistique Canada.

Baldwin, John R. and Zhengxi Lin. 1999. "Impediments to Advanced Technology Adoption for Canadian Manufacturers" Paper. Micro-Economic Analysis Division, Statistics Canada.

Beaumont, N.B. and R.M. Schroder. 1997. "Technology, Manufacturing Performance and Business Performance amongst Australian Manufacturers". *Technovation* 17(6), 297-307.

Bolden, Richard, Patrick Waterson, Peter Warr, Chris Clegg, and Toby Wall. 1997. "A New Taxonomy of Manufacturing Practices". *International Journal of Operations and Production Management* 17(11), 1112-1130.

Britton, J.N.H. 1991. "Reconsidering Innovation Policy for Small and Medium Sized Enterprises: the Canadian Case" *Environment and Planning C: Government and Policy* 9, 189-206.

Edquist, Charles and Steffan Jacobsson. 1988. *Flexible Automation: The Global Diffusion of New Technology in the Engineering Industry.* Basil Blackwell, Oxford.

Fortier, Y., L.M. Ducharme and F.Gault. 1993. "A Comparison of the Use of Advanced manufacturing Technologies in Canada and the United States". *STI Review* 12, 81-100.

Foss, Nicholai J. 1997. "The Classical Theory of Production and the Capabilities View of the Firm". *Journal of Economic Studies* 24(5), 307-323.

Gate, H. Frederick. 1997. *Is There a Rural-Urban Technology Gap? Results of the ERS Rural Manufacturing Survey.* Report by Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. Agricultural Information Bulletin 736-01.

Greenberg, Elizabeth and Richard J. Reeder. 1998. *Who Benefits from Business Assistance Programs? Results of the ERS Rural Manufacturing Survey.* Report by Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. Agricultural Information Bulletin 736-04.

Greene, W.H. 1993. *Econometric Analysis*: Second Edition. MacMillan, New York.

Guile, Bruce R. 1987. *Using Technology Transfer Transaction Costs to Target Federal Support of Commercial Innovation.* Ph.D. dissertation.

Hayes, Robert H. and Gary P. Pisano. 1996. "Manufacturing Strategy at the Intersection of Two Paradigm Shifts". *Production and Operations Management* 5(1), 25-41.

Hottenstein, Michael P., Michael S. Casey, and Steven C. Dunn. 1999. "The Diffusion of Advanced Manufacturing Technology in Multiplant, Multidivisional Corporations". *Journal of Engineering and Technology Management* 16, 129-146.

Kakati, M. 1997. "Strategic Evaluation of Advanced Manufacturing Technology". *International Journal of Production Economics* 53, 141-156

Kathuria, Ravi and Magid Igbaria. 1997. "Aligning IT Applications with Manufacturing Strategy: An Integrated Framework". *International Journal of Operations and Production Management* 17(6), 611-629.

Kelley, Maryellen R. and Susan Helper. 1997. "Firm Size and Capabilities, Regional Agglomeration, and the Adoption of New Technology". In *Economics of Innovation and New Technology.*

Kim, Yearnmin and Jinjoo Lee. 1993. "Manufacturing Strategy and Production Systems: An Integrated Framework" *Journal of Operations Management* 11, 3-15.

Lefley and Sarkis. 1997. "Short-Termism and the Appraisal of AMT Capital Projects in the US and the UK". *International Journal of Production Research* 35(2), 341-368.

Liao, T.F. 1994. Interpreting Probability Models: Logit, Probit, and Other Generalized Linear Models. Sage Publications, London

Luria, Daniel. 1997. "Toward Lean or Rich? What Performance Benchmarking Tells Us about SME Performance". In *Manufacturing Modernization: Learning from Evaluation Practices and Results*. Shapira, P and J. Youtie (eds.). 99-114.

MacNabb, Richard R. 1993. *Manufacturing Technologies in U.S. Industry - A MAPI Survey on the Use of Advanced Manufacturing Technologies and R&D in Manufacturing.* Report for MAPI.

Mansfield, Edwin. 1993. "The Diffusion of Flexible Manufacturing Systems in Japan, Europe, and the United States". *Management Science* 39(2), 149-158.

McGranahan, David A. 1998. *Local Problems Facing Manufacturers. Results of the ERS Manufacturing Survey.* Report by Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. Agricultural Information Bulletin 736-03.

Millen, Robert and Amrik S. Sohal. 1998. "Planning Processes for Advanced Manufacturing Technology by Large American Manufacturers". *Technovation* 18(12), 741-750.

Montgomery, J.C. and Levine, L.O. (eds.). 1996. *The Transition to Agile Manufacturing.* Montgomery, J.C. ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin.

Nelson, Richard R. and Sidney G. Winter. 1982. *An Evolutionary Theory of Economic Change.* The Belknap Press, Cambridge, Massachusetts.

Northcott, J. and G. Vickery. 1993. "Surveys of the Diffusion of Microelectronics and Advanced Manufacturing Technology". *STI Review* 12, 7-35.

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). 1997. *Diffusing Technology to Industry: Government Policy and Programmes.* OECD.

Papaconstantinou, George, Norihisa Sakurai, Andrew W. Wyckoff, Jan Fagerberg, and Evangelos Ionnidis. 1996. *Technology Diffusion, Productivity and International Competitiveness: An Empirical Analysis.* Report for the European Commission. EIMS Publication No.13.

Platts, K.W., J.F. Mills, M.C. Bourne, A.D. Neely, A.H. Richards, and M.J. Gregory. "Testing Manufacturing Strategy Formulation Processes". *International Journal of Production Economics* 56-57, 517-523.

Piore, Michael J. and Charles F. Sabel. 1984. *The Second Industrial Divide: Possibilities for Prosperity.* Basic Books, Inc., New York.

Porter, Michael. 1980. *Competitive Strategy.* The Free Press, New York.

Porter, Michael. 1996. "What is Strategy?". *Harvard Business Review* 74(6), 61-78.

Rischel, Tracy D. and O. Maxie Burns. 1997. "The Impact of Technology on Small Manufacturing Firms". *Journal of Small Business Management* 35(1), 2-10.

Robson, M., J. Townsend and K. Pavitt. 1988. "Sectoral Patterns of Production and Use in Innovations in the UK: 1945-1983". *Research Policy* 17, 1-14.

Rosenberg, Nathan. 1982. *Inside the Black Box: Technology and Economics.* Cambridge University Press, Cambridge.

Sabourin, David et Desmond Beckstead. 1999. *Adoption de la technologie dans le secteur de la fabrication au Canada.* Ottawa: Statistique Canada, Division de l'analyse micro-économique.

Sahal, Davendra. 1985. "Technological Guideposts and Innovation Avenues" *Research Policy* 14, 61-82.

Shapira, Philip and Terance Rephann. 1996. "New Technology Adoption in West Virginia: Implications for Manufacturing Modernization Policies. " *Environment and Planning C - Government and Policy* 14, 431-450.

Shapira, Philip and Jan Youtie (eds.). 1997. *Manufacturing Modernization: Learning from Evaluation Practices and Results.* Atlanta, Georgia.

Small, Michael H. 1998. "Objectives for Adopting Advanced Manufacturing Systems: Promise and Performance". *Industrial Management and Data Systems* 98/3, 129-137.

Spina, Gianluca. 1998. "Manufacturing Paradigms Versus Strategic Approaches: A Misleading Contrast". *International Journal of Operations and Production Management* 18(8), 684-709.

Spina, Gianluca, Emilio Bartezzaghi, Andrea Bert, Raffaella Cagliano, Domien Draaijer, and Harry Boer. 1996. "Strategically Flexible Production: The Multi-Focused Manufacturing Paradigm". *International Journal of Operations and Production Management* 16(11), 20-41.

Swamidass, Paul M. and Suresh Kotha. 1998. "Explaining Manufacturing Technology Use, Firm Size and Performance Using a Multidimensional View of Technology". *Journal of Operations Management* 17, 23-37.

Swink, Morgan and W. Harvey Hegarty. 1998. "Core Manufacturing Capabilities and Their Links to Product Differentiation". *International Journal of Operations and Production Management* 18(4), 374-396.

Teixeira, Ruy. 1998. *Rural and Urban Manufacturing Workers: Similar Problems, Similar Challenges. Results of the ERS Manufacturing Survey.* Report by Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. Agricultural Information Bulletin 736-02.

Tracey, Michael, Mark A. Vonderrembse, and Jeen-Su Lim. 1999. "Manufacturing Technology and Strategy Formulation: Keys to Enhancing Competitiveness and Improving Performance". *Journal of Operations Management* 17, 411-428.

Whybark, D. Clay and Gyula Vastag (Eds.). 1993. *Global Manufacturing Practices: A Worldwide Survey of Practices in Production Planning and Control.* Elsevier, Amsterdam.

U.S. Bureau of the Census, Economics and Statistics Administration, U.S. Department of Commerce. 1994. *Manufacturing Technology: Prevalence and Plans for Use, 1993.* Current Industrial Reports, U.S. Department of Commerce.

Young, Ruth C., Joe D. Francis, and Christopher H. Young. 1993. "Innovation, High-Technology Use, and Flexibility in Small Manufacturing Firms". *Growth and Change* 24, 67-86.

Youtie, Jan and Philip Shapira. 1997. "Manufacturing Needs, Practices, and Performance in Georgia, 1994 to 1998." GMEA Evaluation Working Paper: E9703.

Pour commander des publications cataloguées

On peut se procurer la présente publication et les autres publications auprès des agents autorisés régionaux des librairies de quartier et des bureaux régionaux de Statistique Canada. On peut aussi les commander par la poste en s'adressant à:

Statistique Canada
Division de la diffusion
Gestion de la circulation
120, avenue Parkdale
Ottawa, Ontario
K1A 0T6

Téléphone: 1(613)951-7277
Commandes (sans frais partout au Canada): 1-800-700-1033
Numéro du télécopieur: 1-(613)-951-1584 ou 1-800-889-9734
Toronto : Carte de crédit seulement (416)973-8018
Internet: order@statcan.ca

PUBLICATIONS AU CATALOGUE

Publications statistiques

88-202-XPB Recherche et développement industriels, Perspective 2001 (avec des estimations provisoires pour 2000 et des dépenses réelles pour 1999)

88-204-XIB Activités scientifiques fédérales, 2000-2001[e] (annuel)

88-001-XIB Statistiques des sciences (mensuel)

Volume 24

No. 1 Personnel de l'administration fédérale affecté aux activités scientifiques et technologiques (S-T), 1990-1991 à 1999-2000[e]

No. 2 Recherche et développement (R-D) en biotechnologie dans l'industrie canadienne

No. 3 Recherche et développement industriels de 1996 à 2000

No. 4 Les organismes provinciaux de recherche, 1998

No. 5 Dépenses de l'administration fédérale au titre des activités scientifiques, 2000-2001[e]

No. 6 Dépenses totales au titre de la recherche et du développement au Canada, 1989 à 2000[e] et dans les provinces, 1989 à 1998

No. 7 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1998-1999

No. 8 Dépenses au titre de la recherche et du développement (R-D) des organismes privés sans but lucratif (OSBL), 1999

Volume 25

No. 1 Répartition provinciale et territoriale des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie, 1998-1999

No. 2 Estimations des dépenses totales au titre de la recherche et du développement dans le secteur de la santé au Canada, 1988 à 2000[e]

No. 3 Activités scientifiques en biotechnologie selon certains ministères fédéraux et organismes, 1999-2000

No. 4 Recherche et développement (R-D) en biotechnologie dans l'industrie canadienne, 1998

No. 5 Personnel affecté à la recherche et au développement (R-D) au Canada, 1990 à 1999[e]

No. 6 Recherche et développement industriels de 1997 à 2001

No. 7 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1999-2000

No. 8 Dépenses totales au titre de la recherche et du développement au Canada, 1990 à 2001[e] et dans les provinces, 1990 à 1999

DOCUMENTS DE TRAVAIL - 1998

Ces documents de travail sont disponibles à la Section des enquêtes des sciences et de l'innovation.
Veuillez contacter:

Section des enquêtes des sciences et de l'innovation
Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique
Statistique Canada
Ottawa, Ontario
K1A 0T6
Internet: http://www.statcan.ca/english/research/scilist_f.htm
Tél: (613) 951-6309

ST-98-01 Un compendium de statistiques sur les sciences et la technologie, Février 1998

ST-98-02 Exportations et emploi connexe dans les industries canadiennes, Février 1998

ST-98-03 Création d'emplois, suppression d'emplois et redistribution des emplois dans l'économie canadienne, Février 1998

ST-98-04 Une analyse dynamique des flux de diplômés en sciences et technologie sur le marché du travail au Canada, Février 1998

ST-98-05 Utilisation des biotechnologies par l'industrie canadienne – 1996, Mars 1998

ST-98-06 Survol des indicateurs statistiques de l'innovation dans les régions du Canada : Comparaisons des provinces, Mars 1998

ST-98-07 Paiements de l'administration fédérale dans les industries, 1992-1993, 1994-1995, 1995-1996, Septembre 1998

ST-98-08 L'analyse bibliométrique de la recherche scientifique et technologique : Guide méthodologique d'utilisation et d'interprétation, Septembre 1998

ST-98-09 Dépenses et personnel de l'administration fédérale au titre des activités en sciences naturelles et sociales, 1989-1990 à 1998-1999[e], Septembre 1998

ST-98-10 Les flux de connaissances au Canada tels que mesurés par la bibliométrie, Octobre 1998

ST-98-11 Estimations des dépenses canadiennes au titre de la recherche et du développement (DIRD), Canada, 1987 à 1998[e] et selon la province, 1987 à 1996, Octobre 1998

ST-98-12 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1996-1997, Novembre 1998

DOCUMENTS DE TRAVAIL – 1999

ST-99-01 Enquête sur la commercialisation de la propriété intellectuelle dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1998, Février 1999

ST-99-02 Répartition du personnel et des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie selon la province, 1988-1989 à 1996-1997, Juin 1999

ST-99-03 Analyse du déploiement des travailleurs du domaine de la science et de la technologie dans l'économie canadienne, Juin 1999

ST-99-04 Estimations des dépenses totales au titre de la recherche et du développement dans le secteur de la santé au Canada, 1970 à 1998[e], Juillet 1999

ST-99-05 Adoption de la technologie dans le secteur de la fabrication au Canada, 1998, Août 1999

ST-99-06 Une vérification de la réalité pour définir le commerce électronique, 1999, Août 1999

ST-99-07 Activités scientifiques et technologiques des administrations provinciales, 1990-1991 à 1998-1999[e], Août 1999

ST-99-08 Estimations des dépenses canadiennes au titre de la recherche et du développement (DIRD), Canada, 1988 à 1999[e] et selon la province, 1988 à 1997, Novembre 1999

ST-99-09 Estimation des dépenses au titre de la recherche et de développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1997-98, Novembre 1999

ST-99-10 Évaluation de l'attrait des encouragements fiscaux à la R-D : Canada et principaux pays industriels, Décembre 1999

DOCUMENTS DE TRAVAIL – 2000

ST-00-01 Enquête sur la commercialisation de la propriété intellectuelle dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1999, avril 2000

ST-00-02 Dépenses et personnel de l'administration fédérale en sciences naturelles et sociales, 1990-1991 à 1999-2000[e], juillet 2000

ST-00-03 Un cadre pour améliorer les estimations des dépenses de R-D dans le domaine de l'enseignement supérieur et dans celui de la santé, par Mireille Brochu, juillet 2000

ST-00-04 Technologies de l'information et des communications et commerce électronique dans l'industrie canadienne, 1999, novembre 2000

DOCUMENTS DE TRAVAIL – 2001

ST-01-01 Estimations des dépenses canadiennes au titre de la recherche et du développement (DIRD), Canada, 1989 à 2000[e] et selon la province 1989 à 1998, janvier 2001

ST-01-02 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1998-1999, janvier 2001

ST-01-03 L'innovation, les technologies et pratiques de pointe dans l'industrie de la construction et les industries connexes : Estimations provinciales, 1999, janvier 2001

ST-01-04 L'innovation, les technologies et pratiques de pointe dans l'industrie de la construction et les industries connexes : Estimations nationales, 1999, février 2001

ST-01-05 Répartition du personnel et des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie selon la province 1990-1991 à 1998-1999, février 2001

ST-01-06 Estimations des dépenses totales au titre de la recherche et du développement dans le secteur de la santé au Canada, 1988 à 2000[e], mars 2001

ST-01-07 L'utilisation et le développement de la biotechnologie, 1999, mars 2001

ST-01-08 Dépenses et personnel de l'administration fédérale en sciences naturelles et sociales, 1991-1992 à 2000-2001[e], avril 2001

ST-01-09 Estimations du personnel affecté à la recherche et au développement au Canada, 1979 à 1999[e], juin 2001

ST-01-10 L'innovation dans les entreprises canadiennes de fabrication : estimations nationales, 1999, juin 2001

ST-01-11 Pratiques et activités des entreprises canadiennes en biotechnologie : Résultats de l'Enquête sur l'utilisation et le développement de la biotechnologie - 1999, août 2001

ST-01-12 Activités industrielles en biotechnologie au Canada : Faits saillants de l'enquête sur les entreprises de biotechnologie de 1997, septembre 2001

ST-01-13 L'innovation dans les entreprises canadiennes de fabrication : estimations provinciales, 1999, septembre 2001

ST-01-14 Estimations des dépenses canadiennes au titre de la recherche et du développement (DIRD), Canada, 1990 à 2001[e] et selon la province 1990 à 1999, novembre 2001

DOCUMENTS DE RECHERCHE – 1996-2001

No. 1 L'État des indicateurs scientifiques et technologiques dans les pays de l'OCDE, par Benoît Godin, août 1996

No. 2 Le savoir en tant que pouvoir d'action, par Nico Stehr, juin 1996

No. 3 Coupler la condition des travailleurs à l'évolution des pratiques de l'employeur : l'Enquête expérimentale sur le milieu de travail et les employés, par Garnett Picot et Ted Wannell, juin 1996

No. 4 Peut-on mesurer les coûts et les avantages de la recherche en santé? par M.B. Wilk, février 1997

No. 5 La technologie et la croissance économique : Survol de la littérature, par Petr Hanel et Jorge Niosi, avril 1998

No. 6 Diffusion des biotechnologies au Canada, par Anthony Arundel, février 1999

No. 7 Les obstacles à l'innovation dans les industries de services au Canada, par Pierre Mohnen et Julio Rosa, novembre 1999

No. 8 Comment expliquer la croissance rapide parmi les entreprises canadiennes de biotechnologie, par Jorge Niosi, août 2000

No. 9 Indicateurs comparables au niveau international pour la biotechnologie : inventaire, proposition de travail et documents d'appui, par W. Pattinson, B. Van Beuzekom et A. Wyckoff, janvier 2001

No. 10 Analyse de l'enquête sur l'innovation, les technologies et pratiques de pointe dans l'industrie de la construction et les industries connexes, 1999, par George Seaden, Michael Guolla, Jérôme Doutriaux et John Nash, janvier 2001

No. 11 Capacité d'innover, innovations et répercussions : le secteur canadien des services de génie, par Daood Hamdani, mars 2001